

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Ю. А. БИЛИБИН

ОСНОВЫ
ГЕОЛОГИИ
РОССЫПЕЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

Ю. А. БИЛИБИН

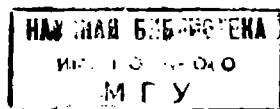
ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ РОССИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1955

Ответственный редактор
академик А. Г. БЕТЕХТИН



Дар

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание книги Ю. А. Билибина «Основы геологии россыпей» вышло в свет в 1938 г. В ней автор обобщил обширный материал главным образом по геологическому описанию Северо-Востока СССР, где он в течение многих лет работал и своими исследованиями способствовал открытию ряда районов россышного золота. Книга вызвала широкий интерес со стороны геологов, занимающихся изучением россышных месторождений, и быстро разошлась. Поэтому автор при жизни приступил к подготовке ее ко второму изданию.

В черновых материалах Ю. А. Билибина первые 170 страниц были переработаны и отредактированы им лично еще до Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Для остального текста имелось пять страниц замечаний, которые учтены редакцией в процессе подготовки книги к переизданию. Исправлены также некоторые неточности и опечатки, не замеченные автором.

Кроме того, в бумагах Ю. А. Билибина оказалось довольно много заметок, по которым можно судить, в каком направлении он намеревался внести исправления в работу. Так, намечалось дополнить главу III описанием коренных месторождений олова, вольфрама, редких земель и алмазов; главу IV — разделом об ореолах рассеяния и о методике поисков коренных месторождений; главы XII, XIII и XXII — примерами; предполагалось также переработать главу XX и пополнить главу XXIV описанием касситерита из россыпей. Намечалось значительно расширить и заключение. Всей работе Ю. А. Билибин намеревался придать более широкий характер с тем, чтобы она охватывала россышные месторождения не только золота и платины, как это было в первом издании, но и всех других минералов, дающих промышленные россыпи. К сожалению, преждевременная смерть не дала возможности Ю. А. Билибину выполнить эти намерения.

Несмотря на то, что со времени первого издания прошло больше 15 лет, этот труд, являющийся в настоящее время библиографической редкостью, продолжает оставаться единственной, исключительно содержательной монографией по геологии россыпей, сохраняющей свою ценность до сих пор. Поэтому редакция сочла необходимым переиздать эту книгу почти в первоначальном виде, с небольшими, внесенными главным образом автором еще при его жизни, изменениями. Небольшие примечания к тексту сделаны Д. В. Вознесенским и И. С. Рожковым.

Редакция

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящая работа является первой попыткой изложить в более или менее систематическом виде основные вопросы геологии россыпей и в то же время первой попыткой определить объем и содержание той отрасли геологических наук, которая могла бы быть выделена под названием учения о россыпях. В своем изложении нам неизбежно приходится касаться вопросов, составляющих предмет смежных наук, как, например, гидрологии, гидрогеологии, геоморфологии, физической геологии и др. Но в настоящей работе бесполезно искать полного освещения вопросов речной гидрологии, исчерпывающего анализа различных форм рельефа и их генезиса, подробного разбора процессов оледенения или явлений вечной мерзлоты: всех этих вопросов мы касались лишь постольку, поскольку они имеют отношение к россыпным месторождениям, поскольку они помогают нам разбираться в тех или иных вопросах геологии россыпей. В то же время, несмотря на то, что все эти вопросы гораздо подробнее разбираются в соответствующих курсах, мы сочли нужным затрагивать их в данной работе, но под вполне определенным углом зрения; без этого в работе не было бы цельности, да и соответствующие курсы далеко не всегда (вернее, очень редко) рассматривают их в нужном для россыпника освещении.

Исходя из принципа, что всякое состояние трехмерного тела или пространства есть не что иное, как сечение во времени четырехмерного процесса его изменения, мы особенно много внимания уделяли вопросам образования россыпей, по возможности рассматривая каждую деталь их строения с генетической точки зрения. Кто хорошо поймет полный цикл преобразования россыпей во всех его подробностях, тот всегда сможет ориентироваться и разобраться в бесконечно разнообразных их особенностях. Давать же сухое перечисление и описание всех этих особенностей с чисто статической точки зрения, как это делалось до сего времени в подавляющем большинстве работ, затрагивавших вопросы геологии россыпей, мы считали совершенно нецелесообразным.

Основное назначение данной книги — не служить теоретическим трактатом, а оказать практическую помощь работникам наших золотоносных районов — геологам, инженерам-разведчикам, техникам-геологам, поисковикам, практикам-разведчикам и др. Поэтому изложение материала приходилось по возможности вести так, чтобы книга, с одной стороны, не утрачивала интереса для научного геологического персонала, работающего в золотоносных районах, и для квалифицированных инженеров-разведчиков, с другой стороны — была бы вполне доступна для техников и практиков, составляющих подавляющее большинство наших работников по россыпному золоту и часто не обладающих достаточной теоретической подготовкой в вопросах геологии. Поэтому изложение материалов мы стремились вести по возможности просто и общедоступно. Поскольку основной потребитель книги предполагается на приисках, во многих

случаях мы допускали, в отклонение от русского литературного языка, употребление «приискизов»: вместо русского «горный ручей» — приисковое «кляч», вместо русского «проток» — приисковое «протока», вместо «болото» — «марь» и т. д.

В связи с тем, что основные районы нашей россыпной золотодобычи расположены в пределах восточной части Союза и здесь же протекала десятилетняя практическая работа автора, многие вопросы геологии россыпей освещены в применении главным образом именно к этим условиям. Не отражаясь на изложении основных вопросов образования россыпей, это, может быть, придает некоторую односторонность освещению деталей их строения. Но мы всегда предпочитали пользоваться своими личными наблюдениями и фактами из хорошо знакомых нам районов, чем скудными литературными данными. Логическим продолжением настоящей книги являетсяготавливаемая нами к печати вторая книга «Поиски золота в условиях Северо-Востока СССР».

Как первая попытка дать связное изложение вопросов геологии россыпей, настоящая работа не может быть свободна от целого ряда недочетов, промахов и упущений. Автор будет очень благодарен как работникам приисковых районов, так и специалистам геологам, геоморфологам и др. за все указания и замечания.

Часть первая
**ОБРАЗОВАНИЕ
РОССЫПЕЙ**

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РОССЫПЯХ

Россыпями называются рыхлые или сцементированные скопления обломочного материала, содержащие в виде обломков же то или иное полезное ископаемое. Последним в большинстве случаев бывают благородные металлы (золото, платина), а также некоторые рудные минералы (оловянный камень, вольфрамит, магнетит), соединения редких элементов (монацит) или драгоценные камни (алмаз, рубин, сапфир).

Россыпи являются вторичными месторождениями полезных ископаемых, так как они образуются за счет разрушения более древних, чем они, коренных месторождений, которые по отношению к россыпям являются первичными. Классификация россыпей основана на их положении относительно коренного месторождения (россыпи непеременные и перемещенные), а для перемещенных россыпей — на тех процессах, которые обусловили перемещение полезного ископаемого от коренного месторождения к месту залегания россыпи. Эти же процессы обычно обуславливают и положение россыпи относительно тех или иных элементов рельефа земной поверхности.

На основании этих признаков россыпи могут быть подразделены на следующие категории.

1. **Элювиальные россыпи** залегают на месте своего образования вследствие разрушения и разрыхления верхних частей коренного месторождения.

2. **Делювиальные россыпи** представляют материал элювиальных россыпей, смещенный силою тяжести вниз по склону, на котором расположено коренное месторождение. Элювиальная россыпь непрерывно переходит в делювиальную без сколько-нибудь резкой границы, почему обычно говорят об элювиально-делювиальных россыпях. Делювиальные россыпи могут быть подразделены на две группы:

а) собственно делювиальные россыпи, залегающие на склонах и постепенно перемещаемые по ним силою тяжести вниз;

б) коллювиальные россыпи, представляющие материал делювиальных россыпей, достигший подножия склона и потому более уже не перемещаемый и залегающий обычно в бортовых частях речных долин, часто поверх речных отложений.

3. **Аллювиальные россыпи** залегают обычно в речных долинах и образованы путем переноса и отложения обломочного материала водными потоками. По расположению относительно русла водного потока аллювиальные россыпи могут быть подразделены на четыре группы:

а) русловые россыпи, залегающие в самом русле водного потока или непосредственно под ним;

б) косовые россыпи, залегающие на галечных островах, косах и отмелях и обычно содержащие полезное ископаемое в верхних частях речных наносов;

в) долинные россыпи, залегающие в современной долине водного потока, но независимо от расположения его современного русла, часто в стороне от него;

г) террасовые россыпи, залегающие на речных террасах — остатках прежней долины водного потока, в которой он проработал себе новую, более глубоко расположенную долину. Если речные террасы, постепенно сглаживаясь, утрачивают наконец свойственную им форму уступов с горизонтальной или слабо наклонной поверхностью и приобретают форму увалов — пологих возвышенностей, постепенно понижающихся к современному руслу, залегающие на них аллювиальные россыпи часто называют увальными.

4. Дельтовые, озерные и лагунные россыпи образуются путем выноса обломочного материала водными потоками и накопления его в дельтах, озерах и лагунах.

5. Береговые россыпи, морские и озерные, образуются путем переноса и накопления обломочного материала вдоль береговых линий силою прилива и прибрежных течений. Обломочный материал или выносится в водные бассейны реками или образуется от разрушения берегов с находящимися на них коренными или россыпными месторождениями.

В категориях 4 и 5 россыпей, как и в аллювиальных россыпях, можно выделить в особую подгруппу террасовые россыпи, образующиеся в том случае, если прибрежная часть водного бассейна, содержащая в себе россыпь, испытывает поднятие и сохраняется в дальнейшем в виде озерной или морской террасы.

6. Ледниковые россыпи образуются в горных местностях путем переноса и накопления обломочного материала сползающими с гор ледниками.

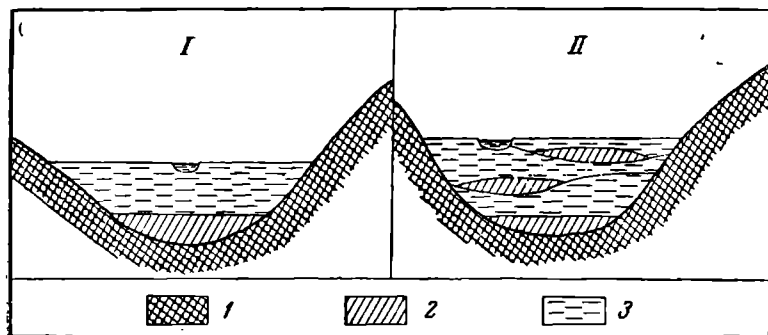
Из всех перечисленных категорий россыпей категории 1, 2 и 6, образованные без участия, либо лишь при слабом участии движущей силы воды, являются россыпями несортированными. Категории же 3, 4 и 5, образованные путем водного переноса и отложения, являются россыпями сортированными. Сортировка обломочного материала заключается в распределении его по крупности и по удельному весу. Золото, а также другие полезные ископаемые россыпей, обладая большим удельным весом, нежели главная масса слагающего россыпи материала, стремятся при водной сортировке сосредоточиться в нижних частях россыпи. Поэтому сортированные россыпи состоят, как правило, из двух частей — нижней, носящей название «песков» или «пласта», где сосредоточена главная масса полезного ископаемого, и верхней, носящей название «торфов», пустой или с ничтожным, не промышленным содержанием полезного ископаемого. Порода, на которой залегают пески, называется «плотиком», «почвой» или «постелью» россыпи. Иногда бывает, что в одной и той же долине, террасе и пр. встречается несколько горизонтов песков, расположенных на различных высотных уровнях и разделенных между собою горизонтами пустой, не содержащей полезного ископаемого, породы. Подобные россыпи называются сложными россыпями (фиг. 1).

Горизонты пустой породы играют роль торфов по отношению к нижележащему горизонту песков и роль плотика по отношению к вышележащему. В последнем случае они носят название «ложного плотика», так как скрывают под собою еще один или несколько горизонтов песков. Залежи песков на различных горизонтах не обязательно располагаются друг под другом, они могут быть расположены в стороне одна от другой, обладать различной формой и идти в различных направлениях, даже скрещиваясь друг с другом под прямым углом.

Сложные россыпи могут залегать как в речных долинах и в прибрежных частях водных бассейнов, так равно и на террасах, если после своего

образования они подвергнутся поднятию. Нижние горизонты сложных россыпей обычно называют «погребенными россыпями», часто распространяя это название и на те простые россыпи, которые после своего образования подверглись опусканию и перекрытию новыми массами обломочного материала, хотя бы и пустого, или какими-либо иными образованиями (например лавами).

По своей форме россыпи, образованные водным путем, представляют собой горизонтальные, чаще очень слабо наклонные, сильно уплотненные, но вытянутые в длину, как бы лентообразные залежи, располагающиеся



Фиг. 1. Схематический поперечный разрез простой (I) и сложной (II) россыпи.

1 — плотинки; 2 — пески; 3 — торфа.

в речных долинах в общем параллельно длине долины, в прибрежных частях водных бассейнов — параллельно береговой линии современной или древней. Размеры залежей песков определяются тремя измерениями: мощностью, шириной и длиной. Мощность залежей обычно измеряется дециметрами или метрами; ширина залежей — от метров до многих сотен метров, чаще десятки метров; длина залежей — от десятков метров до десятков километров, чаще — порядка нескольких километров.

Элювиальные россыпи представляют плоские залежи, примерно соответствующие по своим контурам выходу коренного месторождения на дневную поверхность. Элювиальные россыпи золота, для которого наиболее характерна жильная форма коренных месторождений, представляют собой узкие и сильно вытянутые полосы, расположенные над головной жилы.

Делювиальные россыпи по своей форме представляют в общем след от движения элювиальной залежи по поверхности склона, т. е. наклонные плоские залежи той или иной длины и ширины, обычно несколько вытянутые по падению склона и расширяющиеся к его подножию. Ледниковые россыпи образуют довольно неправильные, обычно несколько вытянутые нагромождения обломочного материала.

Кроме приведенного выше разделения россыпей на группы по их генезису, можно различать еще россыпи рыхлые и сцементированные. Подвергнуться цементации может россыпь любого генезиса. Обычно сцементированные россыпи являются образованиями более древних геологических периодов (ископаемые россыпи) и литологически представляют собою конгломераты. Но встречаются и весьма молодые (современные) россыпи, сцементированные окислами железа или иным цементом.

Из самого генезиса россыпей неизбежно вытекает связь их с теми или иными элементами рельефа. Так, элювиально-делювиальные россыпи обычно расположены на вершинах и склонах тех возвышенностей, где выходит на дневную поверхность коренное месторождение. Аллювиальные

россыпи всегда располагаются в речных долинах или на речных террасах, а когда они расположены на вершинах или склонах возвышенностей, то всегда нетрудно доказать, что последние представляют собою остатки некогда бывших здесь более древних речных долин. Ледниковые россыпи располагаются в тех горных долинах, которые в недавнее время подверглись оледенению. Россыпи, образовавшиеся в водных бассейнах, приурочены к их береговой зоне, а если они подверглись поднятию, то к прибрежным равнинам или террасам.

Эта связь россыпей с определенными элементами рельефа обусловлена тем, что россыпи обязаны своим происхождением именно тем процессам, которые являются основными и для выработки рельефа. Образование россыпи есть отдельный, сравнительно краткий момент в непрерывном и длительном процессе преобразования рельефа земной поверхности. Действительно, для образования россыпи необходимо разрушение коренного месторождения (процессы выветривания), перемещение продуктов разрушения под влиянием силы тяжести вниз по склонам, к уровню речных долин (процессы денудации), перенос, обработка и отложение обломочного материала водными потоками в процессе преобразования речных долин (процессы эрозии), иногда с выносом этого материала в водные бассейны или с переработкой его долинными ледниками. Всем этим процессам принадлежит решающая роль и в преобразовании форм рельефа. Изучением последних и процессов их развития занимается геоморфология. Из сказанного ясна та тесная и неразрывная связь, которая существует между геоморфологией и учением о россыпях. Поэтому прежде, чем переходить к рассмотрению отдельных вопросов геологии россыпей, необходимо остановиться на тех закономерностях, которые установлены геоморфологией в области преобразования рельефа земной поверхности.

В дальнейшем изложении для краткости будем говорить почти исключительно о золотых россыпях, но почти все, что будет о них сказано, может быть отнесено и к россыпям других полезных ископаемых.

.

1

Глава II

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА ГОРНЫХ СТРАН

Полезные ископаемые россыпей (благородные металлы, драгоценные камни, некоторые рудные минералы) в своих первичных, коренных месторождениях генетически связаны с проявлениями магматической деятельности, т. е. в большинстве случаев с областями складчатости или их периферическими зонами. Для этих областей характерен горный рельеф, почему подавляющее большинство россыпных месторождений расположено в горных местностях, а не на равнинах. Для равнинных стран, обладающих горизонтальным залеганием осадочных образований, россыпные месторождения не характерны. В тех случаях, когда россыпи расположены в равнинных местностях, последние представляют или сравнительно небольшие участки равнинного рельефа среди или на окраинах горной страны, зависящие в своем развитии от эволюции горного рельефа, или такие районы, равнинный рельеф которых представляет отдельный, непродолжительный этап в общем процессе преобразования горного рельефа. Даже в тех случаях, когда магматическая деятельность проявляется среди равнинного рельефа (обычно в краевых частях равнин, недалеко от границы их со складчатыми областями), образующиеся магматические породы обуславливают возникновение среди равнинного рельефа изолированных горных участков, классический пример чего мы встречаем в западных частях великой Северо-Американской равнины, несколько восточнее цепи Скалистых гор (Монтана, Ю. Дакота и др.). Поэтому далеко не все комплексы форм рельефа интересуют россыпника в одинаковой мере. Рельеф обширных равнинных областей интересует его очень мало. Наоборот, рельеф горных стран, особенно обладающих умеренными относительными высотами, представляет для него непосредственный интерес.

Представим себе какую-либо горную страну в условиях большинства наших золотоносных районов, т. е. орошаемую реками и имеющую сток к океану. На ее поверхности непрерывно протекают процессы выветривания коренных пород, разрушающие их верхние, выходящие на дневную поверхность части и накапливающие над ними элювиальные массы. Последние образуют на поверхности коренных пород слой той или иной толщины, предохраняющий коренные породы от непосредственного воздействия тех внешних агентов, под влиянием которых идут процессы выветривания, и под этим слоем выветривание идет замедленным темпом. В результате длительного выветривания, если продукты его не удаляются процессами денудации, может накопиться настолько мощный слой элювия, что процессы выветривания под ним почти прекратятся. Однако в горных странах продукты выветривания непрерывно удаляются процессами денудации, перемещающими их вниз по склонам, защитный слой элювия

становится тоньше, и процессы выветривания получают благодаря этому возможность проникать все глубже в толщу коренных пород.

Процессы денудации, протекающие в основном под влиянием силы тяжести и при помощи различных внешних агентов (дождевые и снеговые воды, снег, почвенная мерзлота, колебания температуры и пр.), стремятся непрерывно перемещать рыхлые делювиальные массы вниз по склонам возвышенностей, к их подножию, которое в горных странах обычно совпадает с уровнем прилежащей речной долины. Здесь сползшие делювиальные массы постепенно накапливаются, получая при этом название коллювия. На этом уровне дальнейшая работа денудационных сил прекращается и ниже него не распространяется, почему он носит название «базиса денудации». Таким образом, для каждой возвышенности базисом денудации будет подножие ее склона, т. е. обычно уровень прилежащей речной долины. Чем круче склоны возвышенности, т. е. чем больше ее относительная высота при одной и той же ширине, тем интенсивнее идут процессы денудации, тем быстрее удаляются со склонов вниз делювиальные массы, позволяя процессам выветривания все глубже проникать в толщу коренных пород. Совокупность процессов выветривания и денудации производит перемещение масс материала от вершин возвышенностей к их подножию, т. е. производит хотя и медленное, но непрерывное снижение высоты возвышенностей. При этом крутизна их склонов неизбежно уменьшается, а это ведет к ослаблению процессов денудации, а в связи с этим — и выветривания.

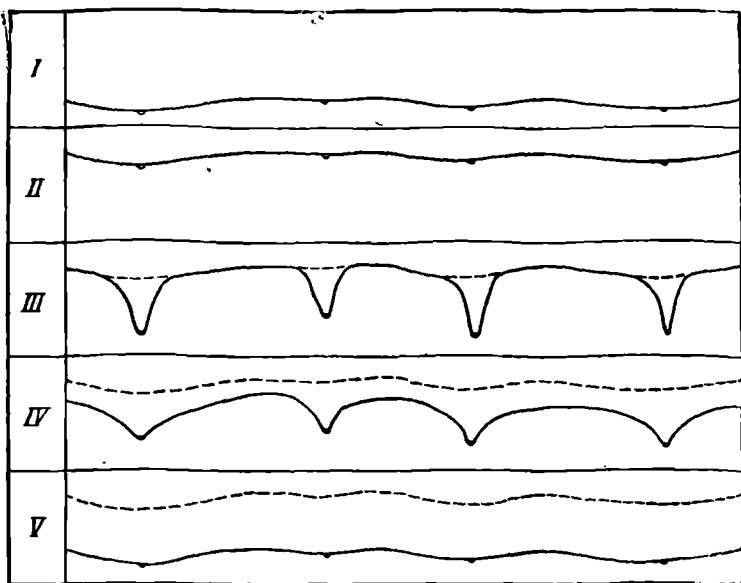
Накапливающиеся в бортовых частях долин коллювиальные массы остаются здесь неподвижными в течение того или иного промежутка времени. Но рано или поздно, благодаря горизонтальным перемещениям русла реки по ее долине, они попадают в сферу ее эрозионной деятельности. Каждая река, особенно крупная, непрерывно перемещает вниз по течению колоссальное количество обломочного материала, поставляемого ей процессами выветривания и денудации. В конце концов этот материал выносится рекою за пределы горной страны. Тем конечным уровнем, на который река стремится весь этот материал вынести и на котором дальнейшая работа эрозионной деятельности прекращается, является уровень океана, который поэтому служит для речной сети «базисом эрозии».

Таким образом, совокупная работа процессов выветривания, денудации и эрозии ведет к непрерывному снижению общего уровня горной страны. Помимо этих трех основных процессов, сюда часто присоединяются и различные второстепенные процессы, как то: деятельность ветра, в высокогорных странах — деятельность ледников, на морском побережье — работа морского прибоя и пр. Но все они играют весьма подчиненную роль, особенно в условиях наших золотоносных районов. Все эти процессы, ведущие к постепенному разрушению горной страны, к общему снижению ее уровня, могут быть объединены под общим названием «деструкционных», т. е. разрушительных процессов. Правда, каждый из этих процессов имеет и свою противоположную сторону: он производит не только деструкцию, но и «аккумуляцию», т. е. накопление обломочного материала в том или ином месте. Но каждое подобное накопление в пределах горной страны является весьма недолговечным (геологически), так как в общем процессе снижения уровня горной страны обычно довольно быстро уничтожается теми или иными агентами деструкции. Наоборот, за пределами горной страны основное значение получает аккумуляция обломочного материала, протекающая здесь за счет общей деструкции горной страны.

Те силы, под влиянием которых протекают процессы как деструкции, так и аккумуляции, силы, действующие на земной поверхности и неразрывно с нею связанные, носят название «экзогенных» сил в противо-

положность силам «эндогенным», первопричина которых лежит внутри земной коры.

Итак, под влиянием экзогенных сил уровень горной страны непрерывно снижается. В конечном результате этого процесса, по прошествии геологически длительного срока, горная страна приобретает весьма плоский рельеф с широкими, но пологими и невысокими водораздельными пространствами, с широкими и расплывчатыми очертаниями речных долин. Такая страна, приближающаяся по характеру своего рельефа к равнине, называется «пенеплен», или «почти равнина». Пенеплен является конечной формой рельефа горной страны в его развитии под влиянием



Фиг. 2. Схема изменения рельефа в течение эрозионного цикла.

экзогенных сил. По мере приближения рельефа горной страны к пенеплену интенсивность деструкционных процессов в ней постепенно ослабевает, так как рельеф ее становится все более пологим; на поверхности пенеплена деструкционные процессы обладают весьма малой интенсивностью, поверхность коренных пород покрывается мощным пластом элювиальных образований (фиг. 2, I).

Горная страна может неопределенно долгое время сохранять характер пенеплена, если в ней не проявляются эндогенные силы. Для того чтобы она вновь приобрела гористый рельеф, необходимо, чтобы она под действием эндогенных сил испытала некоторое поднятие. В большинстве горных стран земная кора не находится в покое, и они время от времени испытывают подобные поднятия.

Последние могут быть обусловлены тройкого рода процессами: 1) эпейрогеническими, 2) тектоническими, 3) вулканическими.

Для послетретичной истории наших золотоносных районов, с которой целиком связано образование известных нам россыпных месторождений золота¹, особенно характерными являются эпейрогенические поднятия, в то время как тектонические и вулканические играют лишь очень малую роль. Поэтому на рассмотрении первых мы сейчас и остановимся.

¹ В настоящее время в ряде районов известны россыпи мезозойского и третичного возраста. — *Ред.*

Эпейрогенические поднятия представляют собою весьма обширные по площади, но очень пологие вздутия земной коры, образующиеся с большой медленностью. Обычно скорость подобных поднятий измеряется сантиметрами в столетие. Продолжаясь в течение длительного времени, они могут давать весьма значительный суммарный эффект. Так, для многих наших золотоносных районов установлены поднятия в послетретичное время на многие десятки и сотни метров. Подобные области поднятия занимают громадные площади, измеряемые десятками и сотнями тысяч квадратных километров.

Поднятие горной страны увеличивает ее превышение над уровнем океана, т. е. над базисом эрозии (фиг. 2, II). Если исходить из уровня самой горной страны, то можно говорить об относительном понижении базиса эрозии. Понижение базиса эрозии ведет к оживлению эрозионной деятельности: оно сопровождается увеличением уклона рек, берущих начало в горной стране, а вместе с тем и увеличением их эрозионной силы. Реки, стремясь принять прежний, свойственный им уклон, углубляют свои долины примерно до их прежнего уровня относительно базиса эрозии (фиг. 2, III). Грубо можно считать, что величина углубления речных долин примерно равна величине поднятия горной страны в данном месте, хотя, конечно, встречаются некоторые отклонения как в ту, так и в другую сторону.

Углубившиеся речные долины производят расчленение пенепплена, вновь придавая ему характер горной страны. Это углубление долин является понижением базиса денудации для склонов возвышенностей. Относительная высота последних увеличивается, склоны становятся круче, а это ведет к усилению процессов денудации: скорость перемещения делювиальных масс по склонам по направлению к базису денудации становится больше, защитный слой элювия на поверхности коренных пород утончается, и процессы выветривания вновь получают возможность проникать глубже, в толщу коренных пород (фиг. 2, IV). Преобразование пенепплена в горную страну закончено, и местность вновь начинает свое развитие под действием экзогенных сил от горной страны к пенепплену (фиг. 2, V).

Если за исходное состояние страны принять пенепплен, то эволюция ее рельефа, под влиянием, с одной стороны, эндогенных сил, с другой стороны — экзогенных, может быть представлена следующей схемой:

1) П о д н я т и е с т р а н ы, являющееся вместе с тем относительным понижением ее базиса эрозии.

2) У с и л е н и е э р о з и о н н о й д е я т е л ь н о с т и под влиянием этого понижения и углубление речных долин, являющееся вместе с тем понижением базиса денудации водораздельных пространств.

3) У с и л е н и е д е н у д а ц и о н н ы х п р о ц е с с о в под влиянием понижения базиса денудации и благодаря этому уменьшение толщины защитного слоя элювиально-делювиальных образований на поверхности коренных пород.

4) У с и л е н и е п р о ц е с с о в в ы в е т р и в а н и я и дальнейшее проникновение их в глубь коренных пород благодаря утончению защитного слоя.

С другой стороны:

5) П р о ц е с с ы в ы в е т р и в а н и я поставляют материал для проявления денудационной деятельности.

6) П р о ц е с с ы д е н у д а ц и и поставляют материал для транспортирующей работы водных потоков и вместе с выветриванием непрерывно снижают высоту водораздельных пространств.

7) П р о ц е с с ы э р о з и и (перенос материала) выносят массы обломочного материала за пределы горной страны.

8) С н и ж е н и е с т р а н ы и превращение ее в пенеплен является результатом совместной работы выветривания, денудации и эрозии.

Таким образом, в процессе развития рельефа горной страны под влиянием эндогенных и экзогенных сил замечается определенная цикличность. По завершении полного цикла развития страна вновь возвращается к исходному состоянию¹. Эти циклы в развитии рельефа горных стран были впервые отмечены американским географом Дэвисом и названы им «циклами эрозии».

Если поднятие страны совершается под влиянием не эпейрогенических процессов, а тектонических или вулканических, то картина от этого меняется мало. Может измениться скорость поднятия, его величина, форма и пр., но общий ход процессов и их цикличность остаются те же. Роль поднятий, обусловленных эндогенными силами, сводится к тому, что они создают на поверхности земли те крупные вздутия, из которых вырабатываются горные страны; процессы эрозии расчлениают эти вздутия сетью речных долин, создавая тем самым горный рельеф, т. е. ту или иную эрозионную скульптуру поверхности; совместная работа выветривания и денудации стремится сначала сгладить, а потом и уничтожить эту скульптуру, сводя на-нет работу как поднятий, так и эрозии.

Так в процессе взаимодействия эндогенных и экзогенных сил непрерывно меняется рельеф горной страны. Тот рельеф, который мы видим, не есть нечто постоянное, а лишь отдельный, краткий момент в непрерывном процессе его преобразования.

Существование россыпей, представляющих накопления обломочного материала, т. е. образования аккумулятивные, также не является в пределах горной страны сколько-нибудь постоянным и долговечным. С каждым новым эрозионным циклом россыпи вместе с рельефом горной страны испытывают процесс преобразования, т. е. подвергаются размыву и созиданию вновь в иных условиях рельефа.

Хотя горные страны благодаря своим периодическим поднятиям и представляют области преобладающей деструкции, но в них обычно присутствуют отдельные тектонически обособленные участки, заметно отстающие в своем поднятии от всей горной страны или даже испытывающие некоторое погружение. Подобные участки, естественно, являются участками преобладающей аккумуляции, и при возникновении в них россыпей последние могут сохраняться в течение весьма длительного срока, не подвергаясь процессу преобразования.

Более обширные и длительнее существующие области аккумуляции располагаются уже за пределами горных стран.

¹ Т. е. вновь к пенеплену, как об этом сказано выше. — Ред.

Глава III

КОРЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ПЕРВОИСТОЧНИК ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РОССЫЕЙ

1. Общие замечания

Поскольку россыши являются месторождениями вторичными, образовавшимися за счет разрушения коренных месторождений, мы не можем заниматься изучением россыпей, не ознакомившись предварительно с первоисточниками заключенного в них металла. Ознакомление с коренными месторождениями не является для россыпника самоцелью, а должно лишь помочь ему разбираться в тех или иных особенностях россыпей.

Характер коренных месторождений особенно резко отражается на строении и особенностях элювиальных россыпей, представляющих непосредственный продукт выветривания коренных месторождений. Но так как элювиальные россыпи, испытывая смещение вниз по склонам, непрерывно переходят в делювиальные россыпи, а последние доставляют материал для образования аллювиальных россыпей, то такие особенности коренных месторождений, как их расположение относительно речных долин, богатство их благородным металлом, распределение, крупность и форма частиц последнего и пр., оказывают заметное влияние и на характер аллювиальных россыпей.

Исходя из этого, россыпника прежде всего должны интересовать:

1. Форма и размеры месторождения и даже в большей степени форма и размеры его выхода на поверхность.
2. Характер вмещающих пород.
3. Расположение месторождения относительно элементов рельефа.
4. Вещественный состав месторождения.
5. Содержание и распределение металла, форма его нахождения (свободный, в виде твердого раствора или химического соединения), крупность и пр.
6. Вторичные изменения месторождения под влиянием процессов выветривания.

На освещении этих наиболее важных для россыпника свойств коренных месторождений мы вкратце и остановимся.

2. Образование и типы золоторудных месторождений

Коренные месторождения золота, как правило, генетически связаны с интрузиями гранитной магмы. Эта последняя, находясь в состоянии огненно-жидкого расплава, перемещается при тектонических процессах из глубинных частей земной коры в более поверхностные ее слои. Это перемещение совершается преимущественно по тектонически ослабленным зонам, т. е. по зонам раздробления пород или сильного их смятия, вообще там, где магма легче всего может проложить себе дорогу.

Так как верхние слои земной коры обладают значительно более низкой температурой, нежели глубинные ее части, то по окончании такого восходящего движения магмы она оказывается заключенной среди гораздо более холодных, нежели она сама, вмещающих пород. Отдавая им свое тепло, она постепенно остывает и начинает раскристаллизовываться, т. е. переходить в твердое состояние.

Вмещающие породы, весьма сильно прогреваясь за счет получаемого от магмы тепла, претерпевают те или иные изменения в своей структуре и минералогическом составе. Совокупность всех этих изменений носит название контактового метаморфизма. Наиболее сильному метаморфизму подвергаются породы, расположенные в непосредственном контакте с интрузивом, — чем дальше от поверхности контакта, тем метаморфизм пород менее заметен.

Переходя в твердое состояние, гранитная магма дает начало различным кислым, т. е. богатым кремнеземом, магматическим породам: гранитам, гранодиоритам, сиенитам и пр., в зависимости от состава магмы. Так как наибольшее остывание магмы происходит на контакте ее с вмещающими породами, то здесь она прежде всего переходит в твердое состояние. Вдоль всего контакта образуется корка твердой породы, в то время как внутренняя часть магматического тела (батолита, лакколита) еще остается в жидком состоянии. Благодаря продолжающемуся остыванию толщина корки все время увеличивается, до тех пор, пока вся магма не раскристаллизуется.

Находясь в огненно-жидком состоянии, магма содержит в себе в растворенном виде громадное количество различных паров и газов, среди которых преобладающее значение имеет водяной пар. С переходом магмы в твердое состояние все эти пары и газы уже не могут оставаться в ней растворенными и выделяются из нее, давая начало горячим водным растворам, насыщенным различными газами, кремнеземом и соединениями таких металлов, как золото, серебро, свинец, цинк, медь и пр.

В самом начале раскристаллизации магмы эти растворы, находясь отчасти еще в парообразном состоянии, выделяются во вмещающие породы и, пропитывая их, еще более усиливают их контактовый метаморфизм. Находящиеся в растворах металлические соединения выделяются во вмещающих породах недалеко от контакта, давая начало контактово-метаморфическим рудным месторождениям. Последние наипаче образуются в известняках, которые особенно легко вступают в реакцию с выделяющимися из магмы растворами и парами. Контактново-метаморфические месторождения имеют большое значение для таких металлов, как медь, железо, цинк, свинец, но лишь очень небольшое значение для золота.

Твердая гранитная корка, образующаяся на магматическом теле по мере его остывания, предохраняет вмещающие породы от постепенного проникновения в них горячих растворов и паров, выделяющихся в дальнейшем из магмы. Эти растворы скапливаются под громадным давлением во внутренних частях магматического тела и выделяются во вмещающие породы лишь время от времени, пользуясь образующимися в твердой наружной корке трещинами. Растворы выполняют как эти трещины, так и тектонические трещины, которые образуются во вмещающих породах и циркулируют в них в течение длительного промежутка времени по направлению от магматического тела в стороны и вверх — в более высокие горизонты земной коры.

При этой циркуляции температура растворов непрерывно понижается, и растворенные в них вещества постепенно выделяются из раствора, заполняя трещины, служащие путями циркуляции. Кремнезем выделяется в виде кварца, металлические соединения — в виде различных сульфидов или окислов. Так образуются гидротермальные рудные месторождения,

имеющие для золота исключительное значение. Почти все золоторудные месторождения относятся к этому типу.

Гидротермальные месторождения по условиям их образования обычно делятся на три группы¹:

1. Гипотермальные месторождения образуются или в наружных частях самого магматического тела или неведальше от него во вмещающих породах, т. е. на большой глубине от земной поверхности, а потому при очень большом давлении и высокой температуре (от 300 до 500°C).

2. Мезотермальные месторождения образуются на большем удалении от магматического тела, т. е. на меньшей глубине от земной поверхности, при средних давлении и температуре (175—300°C).

3. Эпитермальные месторождения образуются на весьма значительном удалении от магматического тела, т. е. на небольшой глубине от земной поверхности, при очень небольших давлении и температуре (50—200°C).

Золоторудные гидротермальные месторождения, связанные с гранитными интрузиями, относятся к гипо- и мезотермальной зонам и связаны между собою непрерывным рядом переходов.

Кроме описанного способа, золоторудные гидротермальные месторождения могут образоваться и несколько иным путем. В конце периода интрузий и по окончании его магма часто проникает из глубоко расположенных магматических очагов на земную поверхность. Пути проникновения служат или тектонические трещины или округлого сечения каналы (вулканические жерловины), прорабатываемые самой магмой. Достигнув земной поверхности, магма дает начало вулканическим явлениям, изливаясь в виде лав различного состава, которые по застывании образуют различные эффузивные породы: липариты, дациты, трахиты, андезиты, базальты, фонолиты и пр.

При этом совместно с магмой, обычно в промежутки между отдельными ее извержениями, из глубоких магматических очагов проникают к земной поверхности и горячие металлоносные растворы. Подвергаясь вблизи земной поверхности быстрому охлаждению, они осаждают растворенные в них металлические соединения, также давая начало гидротермальным рудным месторождениям. Как и описанные выше, эти месторождения также называются эпитермальными, но отличаются от первых как способом своего образования, так и характером. Для золота они имеют громадное значение, так как наиболее крупные золоторудные месторождения относятся к этому типу.

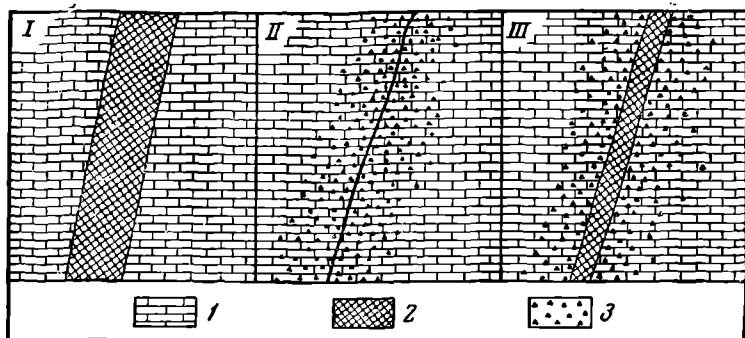
3. Форма и размеры золоторудных месторождений

Говоря о форме золоторудных месторождений, необходимо иметь в виду, что руда может выделяться из горячих растворов двояко. Во-первых, она может выполнять те тектонические трещины или иного характера пустоты, которые существуют во вмещающих породах и по которым происходит циркуляция горячих растворов. Это — месторождения выполнения. Обычно они резко отграничены от вмещающих пород: поверхность разграничения носит название зальбанда (фиг. 3, 1).

С другой стороны, рудоносные растворы пропитывают в той или иной мере вмещающие породы вдоль трещин циркуляции. При этом в самих вмещающих породах может происходить отложение из раствора рудного

¹ Здесь автор приводит классификацию гидротермальных месторождений по Линдгрену. Впоследствии сам автор и другие крупнейшие советские геологи подвергли ее серьезной критике. — *Ред.*

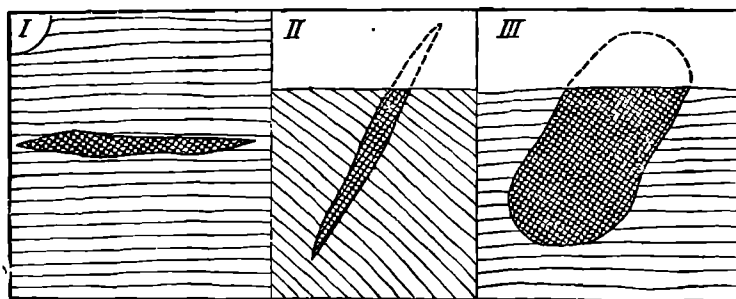
образована с одновременным растворением вещества самой вмещающей породы. Это — месторождения замещения. Обычно они не имеют резких зальбандов, и рудное тело довольно постепенно переходит во вмещающую породу. Граница месторождения в этом случае определяется содержанием металла, выгодным для извлечения (фиг. 3, II).



Фиг. 3. Месторождения выполнения (I), замещения (II) и комбинированные (III).

1 — вмещающая порода; 2 — жильное выполнение; 3 — вырапленность рудных минералов.

Весьма часто месторождения выполнения и замещения сочетаются друг с другом, т. е. мы имеем выполненную рудую трещину, вдоль зальбандов которой вмещающие породы также в той или иной степени заме-



Фиг. 4. Форма рудной жилы в плане (I), в профиле (II) и в плоскости жилы (III).

щены рудой. Иногда вблизи зальбандов это замещение может быть столь полным, что бывает невозможно разграничить, где руда выполнила пустоту и где заместила боковую породу (фиг. 3, III).

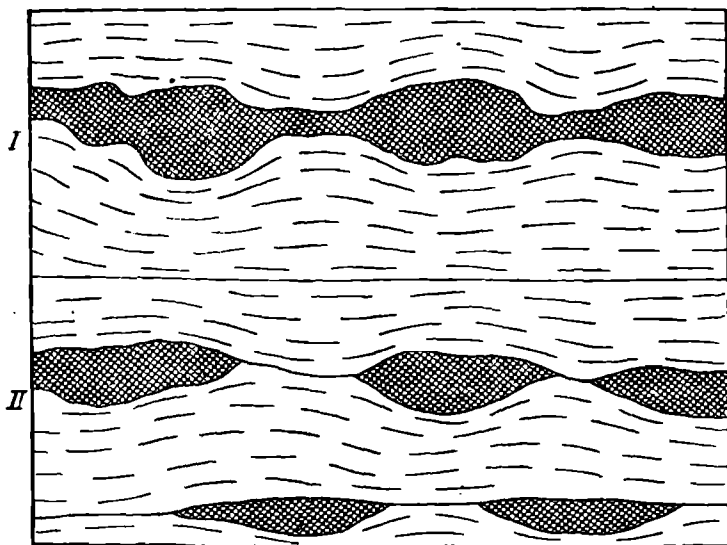
Типичными месторождениями замещения являются контактово-метаморфические месторождения.

Представляя в большинстве случаев выполнение или замещение вдоль тектонических трещин, золоторудные месторождения обычно имеют форму жил, т. е. плоских, плитообразных залежей, ограниченных более или менее параллельными зальбандами и уходящих с тем или иным наклоном на глубину (фиг. 4). Как и в пластах осадочных пород, можно говорить о направлении простирания жилы и об угле ее падения.

Размеры жилы определяются ее толщиной или мощностью, длиной по простиранию и длиной по падению. Мощность золоторудных жил обычно

от 0,50 до 1,50 м; мощность от 1,50 до 6,0 м считается выше средней, свыше 6 м встречается редко, хотя и известны жилы мощностью свыше 10 м. Жилы мощностью от 0,10 до 0,50 м — маломощные; жилы мощностью всего лишь в несколько сантиметров носят название прожилков, при тесном расположении последних они могут быть выгодны для разработки.

Длина золоторудных жил по простиранию обычно измеряется сотнями метров. Жилы свыше километра длиной встречаются значительно реже и считаются длинными. Известны жилы-гиганты, имеющие длину около 10 и даже более километров. Жилы длиной в десятки метров считаются короткими.



Фиг. 5. Жила с раздувами и пережимами (I) и четочная жила (II).

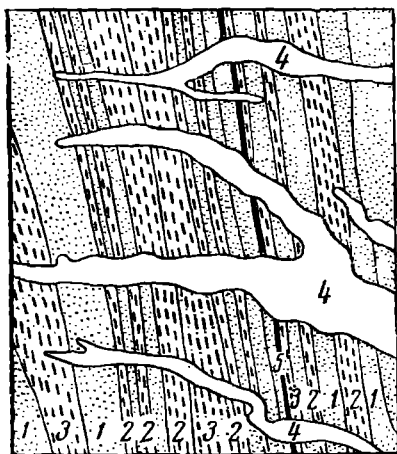
Протяженность на глубину (длина по падению) измеряется десятками и сотнями метров, в более крупных жилах до 1—2 км, т. е. представляет величину того же порядка, что и длина по простиранию, хотя определенного и сколько-нибудь постоянного соотношения между этими величинами не существует.

Как в обе стороны по простиранию, так и вниз по падению жила рано или поздно заканчивается. Это окончание заключается в том, что мощность жилы постепенно уменьшается и, наконец, сходит на нет; жила, как говорят, выклинивается. Уменьшение мощности может наблюдаться и в середине жилы, тогда говорят о ее пережимах; наоборот, места, где мощность жилы увеличивается против средней, называются раздувами (фиг. 5, I). Жила может быть пережата до того, что от нее останется лишь тонкий прожилок мощностью иногда всего лишь в несколько миллиметров; он называется проводником, так как дальше вновь раздувается до нормальной мощности жилы и служит для ее нахождения. Иногда и проводник отсутствует и остается лишь след от тектонической трещины с призмкой жильной глины.

Целым рядом последовательных пережимов жила может быть разбита на серию отдельных линзообразных тел или чечевиц, сменяющих друг друга как по простиранию, так и по падению жилы или же только в одном направлении. Подобные жилы носят название четочных (фиг. 5, II). Они особенно характерны для гипотермальных месторождений, когда они за-

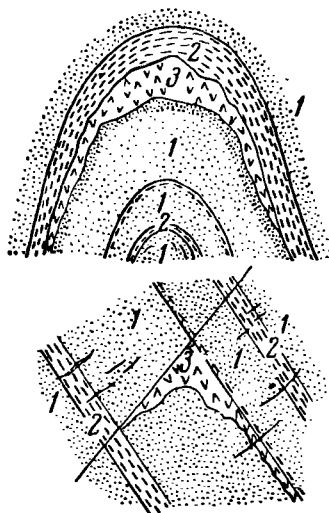
легают в древних кристаллических или метаморфических сланцах, а иногда даже и в массивных породах. Отдельные линзы в серии четочных жил могут быть то более толстыми, то более плоскими. Отношение длины линзы к ее мощности может варьировать в весьма широких пределах в зависимости от тектоники и характера вмещающих пород. Иногда длина лишь в немного раз больше мощности, иногда же — в несколько десятков раз.

Очень толстые чечевицы, или неправильной формы рудные залежи, развитые более или менее равномерно во всех направлениях или, чаще, несколько вытянутые в одном каком-либо направлении, носят название штоков или штокообразных залежей при более крупных размерах и гнезд —



Фиг. 6. Золотоносные жилы Балларата (по Рикарду).

1 — песчаник; 2 — сланцы; 3 — песчаник сланцеватый; 4 — кварцевые жилы; 5 — углистый сланец.



Фиг. 7. Седловидная (вверху) и ложноседловидная (внизу) жилы района Бендиго (по Рикарду).

1 — песчаник; 2 — сланец; 3 — жильный кварц с золотом.

при небольших размерах. Некоторые штокообразные залежи в эпитепальном золоторудном месторождении Гольдфильд (штат Невада, США) имеют размеры до 150 м в длину, 30 м в высоту и 12 м в толщину. Иногда рудные тела имеют очень неправильную форму — ветвистую, неправильно изогнутую, с многочисленными выступами и углублениями и пр. Подобные формы не имеют специальных названий и обычно описываются как неправильные жилы или неправильные рудные залежи с более подробной их характеристикой описательного характера. Таковы, например, неправильные золоторудные залежи в округе Балларат (штат Виктория, Австралия) (фиг. 6) и большинство контактово-метаморфических залежей.

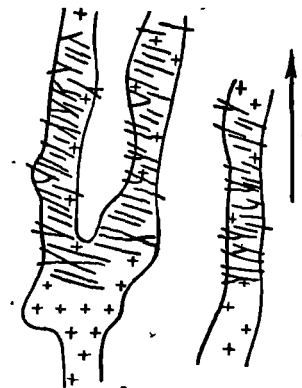
Иногда золоторудные жилы выполняют те пустоты, которые образуются в сводах антиклинальных складок при процессах складчатости. Тогда они имеют сводообразную форму и называются седловидными или антиклинальными жилами. Длина их измеряется по оси складки, максимальная мощность наблюдается в своде антиклинала, откуда она уменьшается в обе стороны вниз по падению. Таковы золоторудные кварцевые жилы округа Бендиго (штат Виктория, Австралия) (фиг. 7). Антиклинальные кварцевые жилы известны и у нас в Енисейском и Аллах-Юнском золотоносных районах.

На пересечении двух тектонических трещин может образоваться трубообразное рудное тело, уходящее с тем или иным наклоном на глу-

ются трубчатыми жилами. Трубообразные рудные тела могут образоваться и при оруденении вулканических жерловин (в Забайкалье). Трубообразные рудные тела диаметром в несколько сот футов встречаются в эпitherмальном золоторудном месторождении Криппль-Крик (штат Колорадо, США).

Если рудная жила, иногда даже очень небольшая, пересекает участок сильно раздробленных или легко поддающихся замещению пород, то она может образовать очень резкий и значительный по размерам раздув. Подобные раздувы носят название камерных жил. Весьма часто они образуются под покровом непроницаемых для растворов пород, например глинистых сланцев, порфиров и пр.

Золоторудные жилы редко бывают изолированными; обычно они располагаются группами, сочетаясь друг с другом тем или иным способом. Совокупность жил, выполняющих одну систему тектонических трещин, носит название свиты жил; можно различать свиты параллельных жил (некоторые алданские золоторудные жилы) и веерообразно расходящихся (кочкарские золоторудные жилы на Южном Урале). Иногда свиты жил располагаются по двум системам взаимно пересекающихся тектонических трещин.



Фиг. 8, 9 — Лестничные золото-кварцевые жилы в безрезите на Урале (по Беку).

При более тесном расположении свиты параллельных жил возникают сложные жилы. Наилучшим примером является известная Материнская жила (штат Калифорния, США), представляющая сложную жилу, протягивающуюся на 208 км при общей ширине в 1,6 км и состоящую из большого числа отдельных золоторудных жил мощностью от нескольких сантиметров до 3—6 м и до 3 км длиной. Если параллельные жилы при очень близком расположении соединены еще жилами по диагонали, они называются связанными жилами.

Для небольших прожилков, еще более, чем для жил, характерно расположение их группами. Отдельные прожилки редко бывают промышленными, но системы прожилков часто образуют богатые месторождения. Обычно они образованы процессами как vyplneniya, так и замещения, и в обработку идут не только сами прожилки, но и значительная часть вмещающих пород. При беспорядочном расположении прожилков в пределах неправильного штокообразного пространства мы имеем штокверк. Когда прожилки выполняют короткие поперечные трещины в дайках интрузивных пород, получаются ступенчатые или лестничные жилы (фиг. 8, 9).

Иногда прожилки располагаются в таких дайках по неправильной системе взаимно пересекающихся трещин; этот тип месторождений не имеет специального названия. К нему относятся некоторые золоторудные жилы Колымского района, где золотосодержащие кварц-альбит-карбонатные прожилки расположены по неправильным трещинам в дайках альбитовых порфиров. Как в этом типе, так и в лестничных жилах часто наблюдается, что по простиранию одной дайки неоднократно сменяются участки промышленной руды непромышленными и даже совершенно неоруденными.

Часто системы параллельных прожилков располагаются в пределах зон смятия или рассланцевания. Обычно оруденелой является вся такая зона, а не только прожилки. Мощность этих оруденелых зон редко превы-

ры, совершенно не бывают заполнены рудой и остаются мало заметными, в то время как рудные минералы, обычно сульфиды, образуют равномерную вкрапленность во вмещающих породах. Это может наблюдаться даже в не очень рассланцованных, а лишь легко поддающихся замещению породах. Подобные пояса сульфидной вкрапленности носят название фальзбандов.

4. Вмещающие породы золоторудных месторождений

Золоторудные месторождения могут располагаться в самых разнообразных породах, и в этом отношении нельзя установить каких-либо твердых закономерностей. Те закономерности, которые можно подметить, являются довольно относительными.

В тех случаях, когда золоторудные жилы располагаются в тех гранитах или гранодиоритах, в связи с интрузией которых они образовались, они обычно располагаются в пределах небольших массивов, представляющих собою боковые отпрыски более крупных гранитных масс, или же в краевых частях более крупных массивов, т. е. в тех частях интрузии, которые при раскристаллизации магмы затвердели первыми и в период выделения из магмы рудоносных растворов уже могли давать трещины. В средних частях гранитных массивов, особенно более крупных, золоторудные месторождения, как правило, отсутствуют.

Золоторудные месторождения, локализующиеся в гранитах, с которыми они генетически связаны, обычно относятся к гипотермальным и значительно реже — к мезотермальным. В том случае, если граниты, вмещающие месторождение, не относятся к активной интрузии, давшей начало оруденению, а являются более древними, золоторудные месторождения могут располагаться в них где угодно, так как в период раскристаллизации активной интрузии и выделения из нее рудоносных растворов более древние граниты были твердыми и могли давать трещины в любых своих частях. В таких случаях бывает, что золоторудные месторождения располагаются в срединных частях весьма крупных гранитных массивов, т. е. в тех частях, которые в активных интрузиях являются безрудными. При этом, конечно, возможно нахождение в гранитах любых групп золоторудных жил как гипотермальных, так и мезотермальных и даже эпитеpmальных. Так, в эпитеpmальном месторождении Криппль-Крик, образовавшемся в третичное время, некоторые рудные залежи расположены в докембрийских гранитах, сквозь которые прорываются активные эффузивные породы.

Точно так же золоторудные жилы могут заключаться и в любых глубинных магматических породах (диоритах, габбро, перидотитах, эмеэвиках и пр.), с которыми они и не связаны генетически.

Метаморфические породы (гнейсы, кристаллические и метаморфические сланцы) весьма часто бывают вмещающими породами золоторудных жил. Последние обычно относятся в таком случае к древним эпохам рудобразования и представляют глубоко вскрытые денудацией части зон оруденения. Поэтому наичаще в этих породах мы встречаем гипотермальные жилы. Весьма обычна четочная форма. Мезо- и эпитеpmальные месторождения локализуются в метаморфических породах значительно реже и для них не характерны.

Особую группу метаморфических пород представляют породы контактометаморфические. Известняки при контактовом метаморфизме превращаются или в скарны (перекристаллизованные известняки с большим содержанием вновь образовавшихся тяжелых силикатов — гранатов, пироксенов, амфиболов и др.) или в джаспероиды (мелкокристаллические

окварцованные породы). Эти породы иногда сами содержат золотое оруденение (контактово-метаморфические месторождения), но редко бывают вмещающими породами золоторудных жил.

Наоборот, роговики (продукт метаморфизма глинистых сланцев, песчаников и пр.), не будучи золотоносными сами, часто вмещают золоторудные жилы, особенно гипотермальные, несколько реже — мезотермальные.

Нормальные осадочные породы — известняки, глинистые сланцы, песчаники — часто бывают вмещающими породами золоторудных жил. Из них наименее благоприятными являются известняки, в которых золоторудные жилы встречаются значительно реже, чем в остальных. Может быть, это объясняется механическими свойствами известняков, их некоторой пластичностью, не позволяющей тектоническим трещинам оставаться долгое время открытыми; может быть, химическими свойствами их, благодаря которым рудоносные растворы рассеиваются и не дают концентрированных месторождений. Часто наблюдается, что промышленные золоторудные жилы, переходя из других пород в известняки, или прекращаются или делаются непромышленными. Впрочем, когда рудоносные растворы, пересекая известняки, испытывают задержку на границе вышележащих, труднопроницаемых для растворов пород, то в верхних частях известняков вдоль этой границы могут образоваться промышленные золоторудные месторождения замещения (Алдан).

Глинистые сланцы и песчаники при их региональном развитии являются, пожалуй, одинаково благоприятными для образования золоторудных месторождений. В тех же случаях, когда мы имеем толщу перемежающихся глинистых сланцев и песчаников, можно заметить некоторую разницу, объясняемую механическими свойствами этих пород: при тектонических процессах песчаники являются более твердыми, но в то же время и более хрупкими породами, глинистые сланцы — более мягкими, но и более вязкими. Ту же роль, что и песчаники, играют в подобных условиях крепкие вулканические туфы, покровы, пластовые залежи и дайки магматических пород. Когда все эти породы образуют в глинистых сланцах тела небольшой мощности (менее 1 м), они при тектонических процессах очень легко разрываются на отдельные куски, погруженные в массу глинистых сланцев, и не дают самостоятельных трещин. Месторождения локализуются преимущественно в сланцах. При мощности от 1 до 10 (иногда несколько более) метров твердые породы легко разбиваются неправильной сетью трещин, которые могут сохраняться в течение длительного промежутка времени и служат прекрасными путями для циркуляции рудных растворов. Месторождения локализуются преимущественно в твердых породах и лишь отчасти в глинистых сланцах.

При дальнейшем увеличении мощности твердых пород до 200—300, а иногда и более метров, они оказывают все большее сопротивление, и тектонические напряжения разряжаются преимущественно в глинистых сланцах, где локализуется и главная масса золоторудных месторождений, лишь отчасти располагаясь в более жестких породах.

Что касается различных эффузивных пород и их туфов, то в пределах более древних, дислоцированных толщ они играют примерно ту же роль, что и песчаники. В недислоцированных толщах они лишь в исключительных случаях могут содержать гипо- или мезотермальные золоторудные месторождения, но зато являются наиболее обычными вмещающими породами эпитермальных месторождений. Последние обычно локализуются в брекчиях, выполняющих вулканические жерловины или тектонические трещины, или в покровах и потоках таких пород, как андезиты, дациты, липариты, трахиты, феолиты. Базальты редко вмещают эпитермальные месторождения.

5. Расположение золоторудных месторождений относительно элементов рельефа

На процессы образования россыпей и характер последних весьма большое влияние может оказать то или иное расположение золоторудного месторождения относительно речной долины, в которой образуется россыпь. Выходит ли месторождение на поверхность в дне долины или на склонах ограничивающих ее возвышенностей; расположено ли месторождение в самой вершине золотоносной речки или где-либо в ее среднем течении; является ли золоторудная жила параллельно речной долине, давая золотоносные свалы в нее на всем своем протяжении, или пересекает долину где-либо в одном месте,— все это так или иначе отражается на характере россыпи.

Непосредственной связи в расположении речных долин и золоторудных месторождений, конечно, быть не может: последние слишком невелики по размерам, чтобы определять собою направление эрозионной деятельности. Но расположение и золоторудных месторождений и речных долин в значительной мере зависит от факторов геологической структуры, благодаря чему можно делать в этом отношении некоторые обобщения.

В обычных золотоносных районах площадь дна речных долин во много раз меньше, нежели площадь разделяющих их возвышенностей. Поэтому самая вероятность расположения золоторудного месторождения в пределах водораздельной возвышенности гораздо больше, чем на дне речной долины. Это положение часто усугубляется тем обстоятельством, что золоторудные месторождения бывают локализованы в более крепких породах, которые обходятся избирательной эрозией в процессе формирования долин.

Так, например, гранитные массивы, расположенные в толще осадочных пород, обычно выдаются вместе со своей контактовой зоной как крупные положительные формы рельефа, слагаая как второстепенные, так и главные водоразделы. Золоторудные месторождения, локализующиеся в пределах подобных массивов и их контактовых зон (контактово-метаморфические, гипотермальные, отчасти мезотермальные), имеют все основания быть расположенными в пределах водораздельных возвышенностей, а не на дне речных долин.

При этом, если гранитные массивы только начинают обнажаться и занимают еще небольшие площади, представляя наиболее благоприятные условия для развития золоторудных жил, они обычно выдаются в рельефе в виде отдельных возвышенностей (чаще гольцового характера), с которых берут начало текущие в разные стороны ключи и речки, являющиеся, таким образом, золотоносными от самых своих вершин. Если гранитный массив вскрыт уже глубоко и занимает большую площадь, водораздельная линия проходит где-то в середине массива, и более благоприятные для локализации золоторудных жил его периферическая часть и контактовая зона перескакаютя текущими с массива ключами в их среднем течении.

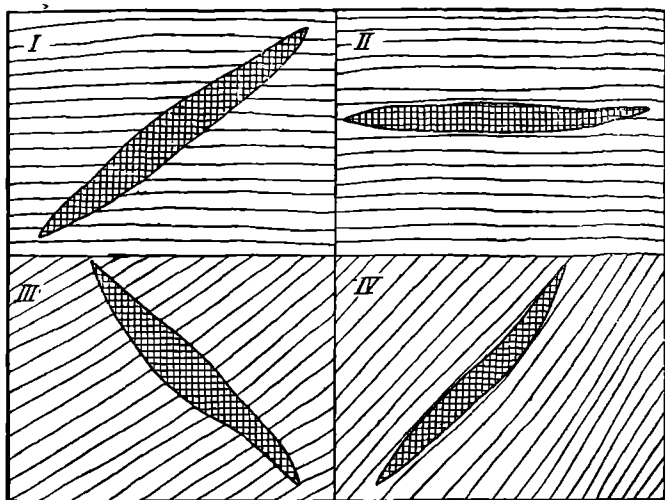
Иногда контактовые породы (особенно при высвдрении гранита в более древнюю магматическую породу) оказываются более стойкими против выветривания, нежели сам гранит. В этом случае контактовая зона интрузии с расположенными в ней золоторудными жилами может слагать местный водораздел, и текущие с него ключи будут золотоносны от самых верховьев.

Когда активная гранитная интрузия расположена среди не менее стойких, чем она, пород (гнейсы, магматические породы), то она не выдается в рельефе, и золоторудные жилы не обнаруживают какой-либо связи с элементами рельефа.

Мезотермальные золоторудные месторождения обычно локализуются в некотором, иногда весьма значительном удалении от гранитных массивов

до 60 км и т. д.), и для них можно наблюдать весьма разнообразное расположение относительно элементов рельефа. Если осадочная толща, вмещающая месторождения, сложена породами более или менее равномерной твердости, то месторождения располагаются безразлично по отношению к элементам рельефа: то на дне долин, то на водораздельных возвышенностях, то в верховьях ключей, то в их среднем или нижнем течении.

При развитии среди глинистых сланцев небольших пластов или даек более крепких пород, благоприятных для локализации месторождений, также наблюдается безразличное по отношению к рельефу расположение



Фиг. 10. Секущая (I), согласная и пластовая (II) жилы в плане, согласная (III) и пластовая (IV) жилы в разрезе.

последних, так как крепкие породы не обладают в этом случае достаточной мощностью, чтобы отражаться на рельефе: они могут формировать лишь элементы микрорельефа. Если же крепкие породы обладают большой мощностью и достаточной крепостью для того, чтобы формировать водоразделы, то текущие с них ключи обычно золотоносны не от самой своей вершины, так как в этом случае золоторудные месторождения локализуются предпочтительно в более мягких породах.

Эпитермальные месторождения опять-таки имеют тенденцию располагаться в верховьях ключей. Обычно они сосредоточены вблизи центров вулканических извержений; первичная поверхность вулканических покровов и потоков имела общий наклон от таких центров во все стороны, благодаря чему при последующем размыве ее проточными водами вулканические жерловины имели все данные для того, чтобы сохраниться в качестве местных водораздельных узлов, с которых ключи текут в разные стороны. Прекрасные примеры подобного расположения дают эпитермальные золоторудные месторождения в ДВК.

Весьма большое влияние на характер россыпи может оказать продольное или поперечное расположение золоторудной жилы относительно речной долины. По отношению к слоистости вмещающих пород рудные жилы могут быть разбиты на три группы:

1. **Секущие жилы**, пересекающие простирание вмещающих пород (фиг. 10, I). (Весьма часты случаи, когда угол пересечения равен или близок к 90° .) Жилы — поперечные к простиранию.

2. **С о г л а с н ы е** ж и л ы, имеющие то же простираание, что и вмещающие породы, но другое падение (фиг. 10, II и III). Подобные жилы пользуются очень большим распространением. Часто они в некоторых небольших своих отрезках превращаются в секущие, делаясь далее вновь согласными.

3. **П л а с т о в ы е** ж и л ы, имеющие одинаковое с вмещающими породами и простираание и падение (фиг. 10, II и IV). Они особенно характерны для метаморфических пород (гнейсы, слюдяные сланцы и пр.), хотя встречаются и в нормальных осадочных. К пластовым жилам относится большинство (далеко не все) четочных жил; одним из частных случаев являются антиклинальные жилы. Для пластовых жил значительно реже, чем для согласных, наблюдается переход их на отдельных небольших участках в секущие.

Эти три типа жил можно различать лишь в дислоцированных слоистых породах. В горизонтально наслоенных породах можно различать лишь пластовые и секущие жилы. В массивных породах, если они не рассланцованы, нельзя проводить и этого разделения; здесь расположение жил зависит от внутренней тектоники самого массива. Главнейшие направления жил, которые здесь можно различать, это примерно нормальное ограничением массива (радиальные жилы) и примерно параллельное этим ограничениям. Иногда эти две системы жил сочетаются друг с другом, но вообще могут встречаться жилы весьма различных направлений. Иногда расположенные в граните жилы простираются согласно с общим простираанием осадочных пород в районе; примером могут служить некоторые золоторудные жилы в Забайкалье.

Речные долины по отношению к простираанию дислоцированных слоистых пород также разделяются на продольные, поперечные и диагональные. Там, где речная сеть согласована с геологической структурой района, преобладают продольные участки долин, соединяющиеся между собою значительно более короткими поперечными. Так как согласные и пластовые жилы пользуются большим распространением, чем секущие, то в продольных участках долин жилы чаще вытягиваются вдоль них, а в поперечных пересекают их под прямым углом. Секущие жилы могут пересекать под любым углом как продольные, так и поперечные долины. Диагональные долины обычно секутся жилами под косым углом. Что касается жил, расположенных в массивных породах, то они могут находиться в любых соотношениях с речными долинами.

О влиянии различного расположения золоторудных жил относительно речных долин на характер россыпей будет сказано ниже.

6. Вещественный состав золоторудных месторождений

Минералогический состав золоторудных месторождений определяется совокупностью всех тех минералов, которые выделились из горячих растворов в процессе отложения руды, а для месторождений замещения также и теми минералами, которые остались в руде от вмещающей породы при замещении ее рудой.

В подавляющем большинстве рудных месторождений, в том числе и в золоторудных, слагающие их минералы могут быть разбиты на две группы: на рудные минералы и на жильные минералы или жильную массу. Рудными минералами называются те минералы, которые придают рудам промышленную ценность, т. е. из которых может извлекаться тот или иной металл. Жильными минералами являются все остальные минералы, присутствующие в месторождении; хотя многие из них содержат в своем составе тот или иной металл (кальций, магний, натрий, кремний и т. д.), но они не служат для его промышленного извлечения.

Отнесение минерала к рудным или жильным основано на роли его не в каждом данном месторождении, но в рудных месторождениях вообще. Так, в золоторудных месторождениях рудными минералами являются не только те, из которых может извлекаться золото, но и те, которые содержат в своем составе медь, цинк, свинец и пр., т. е. которые придают ценность руде в других месторождениях.

К рудным минералам могут относиться минералы самого разнообразного состава: самородные металлы (золото Au, платина Pt), главным образом сульфиды (пирит FeS_2 , арсенопирит FeAsS , свинцовый блеск PbS и др.), некоторые окислы (гематит Fe_2O_3 , касситерит SnO_2) и соли кислородных кислот (шеелит CaWO_4 , магнетит Fe_3O_4). Жильными минералами являются такие, как кварц SiO_2 , кальцит CaCO_3 , флюорит CaF_2 , барит BaSO_4 и др. Иногда отнесение минерала к рудным или жильным является довольно условным. Например, родонит MnSiO_3 относят к жильным минералам, хотя из него может извлекаться марганец, в сульфидных рудах иногда относят к жильным минералам магнетит и т. д.

Количественные соотношения между рудными и жильными минералами могут для различных месторождений сильно варьировать. Месторождения таких металлов, как железо, марганец, а также некоторые колчеданные залежи, часто состоят из одного или нескольких рудных минералов при отсутствии или лишь очень незначительном содержании жильных. В гидротермальных месторождениях меди, цинка, свинца и т. д. количество жильных минералов обычно в несколько раз превышает количество рудных. Для золоторудных месторождений характерно очень небольшое содержание рудных минералов по сравнению с месторождениями других металлов. Обычно оно не превышает 1—2—3%, хотя иногда золоторудными месторождениями являются почти сплошные пиритовые залежи. Особенно бедны рудными минералами эпitherмальные золоторудные месторождения; в некоторых из них содержание рудных минералов менее 1%.

Оставляя рассмотрение минералов, содержащих в своем составе золото, до следующего раздела, рассмотрим сейчас главнейшие рудные и жильные минералы, встречающиеся в золоторудных месторождениях. Из рудных минералов наиболее распространенными являются следующие:

Пирит FeS_2 и **арсенопирит** FeAsS являются наиболее обычными минералами золоторудных месторождений. Обычно они резко преобладают над всеми другими рудными минералами. Трудно назвать такое золоторудное месторождение, в котором не было бы пирита; он присутствует одинаково как в контактово-метаморфических месторождениях, так и во всех группах гидротермальных. Арсенопирит, хотя не является столь универсальным, но не менее характерен, чем пирит; в то время как пирит весьма распространен и во всех прочих месторождениях, арсенопирит особенно характерен именно для золоторудных.

Громадным распространением он пользуется в гипотермальных, несколько меньшим — в мезотермальных месторождениях золота. Для эпitherмальных и контактово-метаморфических не особенно характерен. Часто резко преобладает над пиритом. Обычно пирит и арсенопирит содержат в себе в виде твердого раствора то или иное количество золота, иногда весьма значительное. В некоторых золоторудных месторождениях главная масса золота заключена именно в таком виде.

Пирротин FeS , **халькопирит** CuFeS_2 , **галенит** (свинцовый блеск) PbS , **сфалерит** (цинковая обманка) ZnS являются весьма обычными и широко распространенными минералами золоторудных месторождений. Присутствуя почти во всех золоторудных месторождениях, они обычно образуют в них лишь ничтожную примесь (доли процента), значительно реже давая более заметные концентрации; в последнем

случае они могут переходить в полиметаллические или медно-золотые месторождения, главная ценность которых заключается в других металлах, а золото образует лишь примесь. Пирротин характерен для контактово-метаморфических и гипотермальных месторождений, не характерен, но иногда может присутствовать в мезотермальных, отсутствует в эпитеpмальных. Остальные минералы присутствуют во всех типах месторождений.

Б л е к л ы е р у д ы. $As_2S_3 \cdot nRS$ и $Sb_2S_3 \cdot nRS$ (где $R = Cu_2, Ag_2, Fe, Zn, Pb, Ni, Co$) довольно обычные, но менее распространенные, чем предыдущая группа, минералы золоторудных месторождений.

Д ж е м с о н и т $3Sb_2S_3 \cdot 5PbS$, **буланжерит** $2Sb_2S_3 \cdot 5PbS$, **б у р н о н и т** $Sb_2S_3 \cdot Cu_2S \cdot 2PbS$ и др. иногда встречаются в составе золоторудных месторождений, обычно в незначительных количествах.

С т и б н и т Sb_2S_3 , **в и с м у т и н** Bi_2S_3 , **м о л и б д е н и т** MoS_2 являются довольно частыми минералами золоторудных месторождений. Стибнит, менее висмутин, иногда образуют довольно значительные скопления. Встречаются во всех группах гидротермальных месторождений, но для эпитеpмальных молибденит не характерен, хотя и встречается в них.

В и с м у т Bi присутствует в небольшом количестве в некоторых гипотермальных месторождениях золота.

А р г е н т и т Ag_2S , **с т е ф а н и т** $Sb_2S_3 \cdot 5Ag_2S$, **п о л и б а з и т** $Sb_2S_3 \cdot 8Ag_2S$ и другие серебряные минералы являются весьма обычными в эпитеpмальных золоторудных месторождениях. Часто присутствуют в очень значительных количествах, резко преобладая над всеми другими рудными минералами.

М а г н е т и т Fe_3O_4 и **ж е л е з н ы й б л е с к** Fe_2O_3 являются довольно обычными минералами гипотермальных месторождений. Очень редко они встречаются в мезотермальных, и как весьма редкое исключение железный блеск может присутствовать в эпитеpмальных месторождениях. В алданских золоторудных жилах железный блеск является одним из главных рудных минералов.

К а с с и т е р и т SnO_2 весьма редко и в небольших количествах встречается в гипотермальных золоторудных месторождениях.

В о л ь ф р а м и т $(Fe, Mn)WO_4$ и **ш е е л и т** $CaWO_4$ ассоциируются с золотом довольно охотно, особенно последний. Он присутствует во всех группах гидротермальных месторождений в том или ином, иногда весьма значительном, количестве. Некоторые жилы являются комплексными золото-шеелитовыми (Селемджа, ДБК). Вольфрамит присутствует значительно реже и в меньших количествах, но как в гипо-, так и в эпитеpмальных месторождениях.

Из жильных минералов для золоторудных месторождений исключительно характерным является **к в а р ц** SiO_2 . Во всех группах гидротермальных месторождений он резко преобладает над всеми другими минералами. В гипо- и мезотермальных месторождениях он обычно более или менее крупнозернистый, полупрозрачный или молочнобелый. Для эпитеpмальных месторождений более характерен мелкозернистый или совершенно плотный кварц белого или серого цвета. В эпитеpмальных месторождениях наряду с кварцем встречается также **х а л ц е д о н** SiO_2 и **о п а л** $SiO_2 \cdot nH_2O$.

К а р б о н а т ы являются следующими по своему значению после кварца жильными минералами золоторудных месторождений. В контактово-метаморфических месторождениях они наряду с силикатами составляют главную массу руды, представляя остатки перекристаллизованной вмещающей породы. Во всех группах гидротермальных месторождений неизменно присутствуют в том или ином обычно довольно значительном количестве. Из них наиболее распространенными являются **к а л ь ц и т**

CaCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и анкерит $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$. Значительно меньшим распространением пользуются сидерит FeCO_3 и родохрозит MnCO_3 . Родохрозит и марганцовистый кальцит более характерны для эпитермальных месторождений.

Флюорит CaF_2 и барит BaSO_4 являются менее распространенными, нежели карбонаты, жильными минералами золоторудных месторождений. Из них флюорит встречается во всех группах и довольно обычен, барит лишь в мезо- и эпитермальных. Оба более характерны для эпитермальных месторождений.

Полевые шпаты присутствуют в золоторудных месторождениях часто, но обычно в незначительных количествах; ортоклаз $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ и альбит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ развиты лишь в гипо- и мезотермальных месторождениях, причем альбит пользуется гораздо большим распространением, чем ортоклаз. Для эпитермальных месторождений весьма характерен адуляр $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$.

Слюды и хлориты являются широко распространенными, но обычно присутствующими в небольших количествах жильными минералами золоторудных месторождений. Бурые и зеленые слюды присутствуют только в контактово-метаморфических и гипотермальных месторождениях, серицит и хлориты — во всех группах.

Тяжелые силикаты — гранаты, пироксены, амфиболы и др. слагают наряду с карбонатами главную массу контактово-метаморфических руд и весьма обычны в гипотермальных месторождениях. В мезо- и эпитермальных отсутствуют совершенно, за исключением марганцового пироксена, родонита MnSiO_3 , наиболее обычного в эпитермальных месторождениях.

Тузмалин из всех тяжелых силикатов является наиболее характерным минералом гипотермальных золоторудных месторождений. Присутствие его в этой группе месторождений, хотя и не обязательно, но почти не имеет исключений. Вместе с тем из всех тяжелых силикатов он является наиболее подвижным и в небольших количествах может присутствовать даже в мезотермальных месторождениях.

Ильменит FeTiO_3 , апатит $\text{CaC}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, шпинели $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Al}_2\text{O}_4$, ZnAl_2O_4 и др. могут присутствовать лишь в контактово-метаморфических и главным образом гипотермальных месторождениях.

Каолин и цеолиты присутствуют лишь в эпитермальных месторождениях, причем каолин обычен, цеолиты редки.

Этими данными о минералогическом составе золоторудных месторождений можно ограничиться, так как, хотя в них и встречается еще значительное количество минералов, но все они не характерны и не пользуются сколько-нибудь большим распространением, а потому не могут представлять интереса для россыпника.

7. Содержание и распределение золота

Для россыпника представляет исключительный интерес форма нахождения золота в золоторудных месторождениях. Золото может встречаться в трех видах:

- 1) самородное золото,
- 2) в виде твердого раствора в сульфидах,
- 3) в виде теллуридов — химического соединения золота с теллуром.

1. Самородное золото представляет наиболее обычную форму его нахождения в золоторудных месторождениях. В большинстве случаев оно весьма легко освобождается из коренной породы и почти полностью попадает в россыпи, почему особенно интересно для россыпника.

Химически чистое золото в природе не встречается. Обычно оно содержит в себе примесь тех или иных металлов, т. е. представляет собою природный сплав. Число весовых частей химически чистого золота в 1000 частях природного сплава называется пробой золота. Средняя проба рудного золота в гипо- и мезотермальных месторождениях — 800, в эпитермальных меньше — 500—600—700. Но и в первых двух группах замечаются значительные колебания пробы — до 700 в одну сторону и до 900 — в другую. Проба выше 900 встречается редко, но наиболее высокопробное золото доходит даже до 990.

Большая часть примесей приходится на долю серебра. Природный сплав из 50 % золота и 50 % серебра называется электрум. Серебристое золото особенно характерно для эпитермальных месторождений. Из других примесей можно отметить висмут и палладий, а также медь, железо, родий.

Цвет самородного золота яркожелтый. Очень высокопробное золото имеет даже несколько красноватый оттенок. Наоборот, низкопробное золото обладает бледножелтым цветом, иногда с некоторым зеленоватым оттенком.

Золото кристаллизуется в кубической сингонии, но хорошо образованные кристаллы встречаются не особенно часто. Обычно они имеют форму октаэдров, ромбододекаэдров и тетрагон-триоктаэдров. Прекрасно ограненные кристаллы встречались при разведке колымских золоторудных жил. Обычно кристаллы золота бывают сильно искажены, будучи вытянуты по тройной оси. Грани кристаллов часто имеют штриховку, иногда довольно грубую.

Чаще золото встречается в виде дендритовых сростков обычно искаженных кристаллов или в виде неправильных кусочков, жилочек, чешуек, ниточек и пр., вкрапленных в массу жильных и рудных минералов. Так как золото в рудных месторождениях часто выделяется из растворов после большинства других минералов, то ему весьма свойственны неправильные, прихотливые, угловатые формы, обусловленные ограничениями ранее выделившихся минералов.

Величина частиц свободного золота может быть весьма различна. Иногда эти частицы бывают настолько мелкие и находятся в столь тесном сростании с жильными минералами, главным образом кварцем, что освободить их из коренной породы путем ее дробления бывает невозможно. В подобных месторождениях даже в богатой руде, содержащей несколько сот граммов золота на тонну, не удается обнаружить его присутствия путем толчения и промывки, хотя бы и со ртутью. Подобное мелкое золото особенно характерно для эпитермальных месторождений, но встречается и в других их группах, например в гипотермальных (некоторые месторождения провинции Онтарио, Канада).

Обычно размер частиц золота более значителен и заключается от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Нередки и более значительные частицы, размер коих измеряется сантиметрами; они уже носят название самородков. Самородки весом до 10 г обычны, свыше 1 кг значительно реже, но известны весом в 35—40 и даже 60 кг (штат Калифорния, США).

Крупное золото, освобождаясь из коренного месторождения, все попадает в россыпи. Что касается самого мелкого, то даже при самом совершенном выветривании и измельчении коренной породы частицы его остаются заключенными в зернышках других минералов и не испытывают концентрации в россыпи. Вот почему во многих случаях коренные месторождения, содержащие столь мелкое золото, при своем разрушении не дают россыпей. Особенно часто это наблюдается в эпитермальных месторождениях.

2. Золото в сульфиде первоначально существует, вероятно, в виде твердого раствора. С течением времени этот твердый раствор

может распасться, и золото выделится внутри сульфида в виде тончайшей эмульсии. Иногда оно образует внутри сульфидов более заметные скопления или жилки, но, вероятно, во многих случаях они образуются не путем распада твердого раствора, а отчасти выделяясь в самородном виде непосредственно из горячих растворов, отчасти благодаря позднейшей концентрации холодными водами.

Растворенное в сульфидах золото также не улавливается толчением и промывкой, и если при разрушении месторождения сульфиды не подвергаются окислению и не происходит вторичной концентрации золота, то оно теряется для россыпей.

Наибольшее содержание золота обычно наблюдается в пирите, арсенопирите и халькопирите, но встречается оно и в остальных сульфидах (галенит, сфалерит, стибнит и др.). При совместном развитии пирита и арсенопирита золото предпочитает ассоциироваться с последним; чаще арсенопирит бывает богаче пирита, чем наоборот. В золотистых полиметаллических месторождениях главная часть золота заключена именно в сульфидах. То же явление наблюдается и во многих чисто золотых месторождениях, причем чаще в гипотермальных, чем в мезотермальных, для которых все-таки более характерна самородная форма золота.

Содержание золота в чистых сульфидах может быть весьма различным, и какого-нибудь постоянного соотношения между богатством золотом всего месторождения и сульфидов установить нельзя. Иногда сульфиды содержат всего лишь несколько граммов золота на тонну при большом в то же время содержании в месторождении свободного золота. Чаще содержание золота в сульфидах выражается десятками и сотнями граммов на тонну, достигая иногда 1 и даже 2 кг.

3. **Теллуриды золота** представляют собою химические соединения золота с теллуrom в той или иной пропорции. Наиболее важными из этой группы минералов являются: калаверит AuTe_2 , сильванит $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, креннерит $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, петцит $(\text{Ag,Au})_2\text{Te}$ и гессит Ag_2Te (с изоморфной примесью Au). Иногда в месторождении, помимо теллуридов, присутствует и самородное золото, иногда же все золото содержится в соединении с теллуrom. При этом содержание золота в руде часто достигает нескольких сот граммов на тонну.

Если теллуриды в верхних горизонтах месторождения не подвергаются окислению, то заключенное в них золото теряется для россыпей, так как все эти минералы весьма мягкие, обычно хрупкие и потому при механическом перемещении подвергаются весьма легкому и быстрому измельчению.

К счастью для россыпника, в верхних горизонтах месторождений они очень легко окисляются, выделяя самородное золото. Последнее очень непохоже на обычное рудное золото, обладает тусклым буро-желтым цветом, благодаря чему получило название «горчичного золота».

Теллуриды золота особенно характерны для эпитеpмальных месторождений, где иногда являются главными рудными минералами (Криппль-Крик, США). Иногда в значительном количестве присутствуют в гипотермальных месторождениях (Западная Австралия), более редки — в мезотермальных.

Суммарное содержание золота в руде определяется совокупностью всех трех его видов. Среднее содержание, при котором происходит извлечение золота из руд, в большинстве месторождений от 7 до 20 г/т. Более бедные месторождения работают с содержанием 3—5 г/т. Для Северной Америки предел промышленного содержания примерно 1,5 г/т. С другой стороны, нередко месторождения, которые работают при среднем содержании в несколько десятков граммов на тонну. В исключительных случаях бывают содержания в сотни граммов на тонну.

По мере углубления содержание золота в руде обычно падает, иногда очень постепенно, иногда же, наоборот, весьма быстро. В то же время имеются месторождения, в которых при углублении даже на большую глубину руды не беднеют. Так, например, многие богатые жилы эпитермального месторождения Кришпл-Крик не беднеют сколько-нибудь заметно до глубины 900 м.

Огромное большинство золоторудных месторождений характеризуется весьма неравномерным распределением золота в руде. Прежде всего почти в каждом месторождении известны так называемые «рудные столбы», представляющие собою реже неправильные скопления, чаще полосы более богатых руд, идущие на глубину с тем или иным наклоном в плоскости жилы. Но и в пределах самих рудных столбов распределение металла обычно крайне неравномерно: здесь присутствуют так называемые «бананцы» или «гнезда», «карманы», в которых сосредоточена наиболее богатая руда, окупающая разработку более бедных руд, расположенных между гнездами. Подобные бананцы особенно характерны для эпитермальных месторождений, но встречаются и в любых других их группах.

Каких-либо ограничений для содержания золота и общего его количества в подобных бананцах не существует. Так, например, в Новой Зеландии из одного такого гнезда в течение 15 месяцев было взято 9 т золота. В Калифорнии один небольшой карман дал 540 кг металла, в том числе самородок в 60 кг. В месторождении Гольдфильд (штат Невада, США) партия руды весом в 47 т содержала 900 кг золота, а в Новом Южном Уэльсе (Австралия) из 10 т руды было получено 1,5 т металла (Л и н д т р е н. Минеральные месторождения. 1934—1935, вып. III, стр. 32, 89, 96; В. А. О б р у ч е в. Рудные месторождения. 1934, стр. 303).

Подобная неравномерность в распределении металла в золоторудных месторождениях, хотя весьма значительно сглаживается при образовании россыпей, но может оказать известное влияние на распределение золота и в них.

8. Околожилные изменения вмещающих пород

Горячие растворы, из которых происходит выделение руд, до известной степени пропитывают также и вмещающие породы вблизи рудной трещины и вызывают в них те или иные изменения. Характер этих изменений зависит от температуры и состава растворов и потому различен в различных группах месторождений.

Для гипотермальных золоторудных месторождений наиболее характерным изменением боковых пород является березитизация, заключающаяся в том, что полевошпатовые породы превращаются в смесь кварца, белой слюды и пирита. В некоторых гипотермальных месторождениях боковые породы бывают турмалинизированы, гранатизированы, биотитизированы и вообще проникнуты минералами, слагающими само рудное тело.

Для мезотермальных месторождений особенно характерна карбонизация в сопровождении серицитизации. Мусковит в этой группе месторождений не развивается, замняясь серицитом. Также весьма часто встречаются хлоритизация (в магматических породах), окремнение или окварцевание (преимущественно в известняках, но также и в других породах) и пиритизация. Три последних типа изменений встречаются и в связи с гипотермальными месторождениями.

Для эпитермальных месторождений околожилные изменения особенно характерны. Они бывают четырех типов: пропилитизация, окремнение, каолинизация и алунитизация. Пропилитизация заключается в обильном развитии во вмещающих породах хлорита и пирита, благодаря чему

они принимают грязнозеленую окраску. В менее значительных количествах и далеко не всегда развиваются эпидот, карбонаты и серицит. Пропилитизация обычно захватывает громадные площади в районе развития золоторудных жил.

Весьма часто, иногда независимо, иногда в связи с пропилитизацией, но в непосредственной близости от рудных жил, развивается окремнение вмещающих пород. Иногда оно сопровождается также развитием адуляра и серицитизацией.

В некоторых месторождениях вблизи поверхности громадные площади вмещающих пород бывают алунитизированы (алунит — $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3$). Изменение происходит под влиянием содержащейся в растворах серной кислоты. В других случаях вмещающие породы бывают полностью каолинизированы; при этом происходит их сильное осветление.

Изменения вмещающих пород могут служить хорошим поисковым признаком при поисках как россыпного, так особенно и рудного золота. Особенно ценен этот признак может быть в том случае, если коренное месторождение скрыто под россыпью элювиально-делювиальных глыб.

9. Вторичные изменения золоторудных месторождений

Золоторудные месторождения, образовавшиеся в иных условиях температуры и давления, чем те, которые господствуют на земной поверхности, и особенно в условиях иной химической среды, попадая на земную поверхность, оказываются здесь неустойчивыми и подвергаются разнообразным вторичным изменениям, приводящим также к перераспределению золота.

Большинство этих вторичных изменений обусловлено воздействием на месторождение грунтовых вод, циркулирующих в его верхних горизонтах, с растворенными в них кислородом воздуха и углекислотой. Поэтому сущность всех этих процессов сводится к окислению минералов, их гидратизации и переводу в соли угольной и других кислородных кислот, образующихся при процессах окисления.

В результате вторичных изменений в верхних горизонтах месторождения образуется несколько зон, характеризующихся различным характером изменения и различным содержанием ценных металлов. Границы зон располагаются примерно параллельно дневной поверхности, а так как циркуляция грунтовых вод идет по направлению от поверхности на глубину с постепенным уменьшением химической активности вод, то в самой верхней зоне мы встречаем наибольшие изменения месторождения, в более глубоких — менее значительные.

Наиболее верхняя зона — это зона выщелачивания. Здесь почти все рудные минералы растворены и вынесены в более глубокие горизонты месторождения. Обычно сохраняются лишь наименее растворимые и химически стойкие минералы, как кварц, барит и т. п.

Ниже зоны выщелачивания расположена зона окисления. Здесь изменения рудных минералов сводятся к тому, что они из сульфидных соединений переводятся в окислы, гидраты окислов и соли кислородных кислот.

Растворение и вынесение металлов отчасти имеет место, но оно с избытком компенсируется тем, что здесь выделяется из раствора значительное количество металлов, вынесенных из зоны выщелачивания. Ниже зоны окисления расположена зона цементации или зона вторичных сульфидов. Здесь происходит выделение из раствора металлов, вынесенных из двух верхних зон, а также частичное переотложение минералов самой зоны цементации. Так как по достижении зоны цементации поверхностные воды теряют свои окислительные свойства, то выделение здесь металлов происходит не в форме окисных соединений, а в форме сульфидов, которые

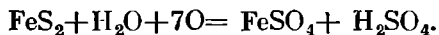
обычно отличаются своим составом от первичных сульфидов месторождения. Верхняя граница зоны цементации обычно совпадает с постоянным уровнем грунтовых вод, выше этого уровня располагается зона окисления. Под зоной цементации располагается зона первичных руд.

Процессы вторичного обогащения месторождений имеют очень большое промышленное значение: многие месторождения, имеющие бедные первичные руды, обладают очень богатой рудой в зоне вторичных изменений. Промышленная ценность отдельных зон может быть весьма различной для различных металлов. Такой весьма подвижный металл, как медь, дает наибольшие концентрации в зоне вторичных сульфидов; наоборот, весьма мало подвижное золото концентрируется главным образом в зоне окисления.

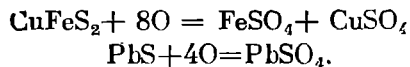
В золоторудных месторождениях зона выщелачивания обычно не выражена. Золото относится к числу наиболее трудно растворимых и химически стойких минералов. Поэтому при выщелачивании из самых верхов месторождения большинства рудных минералов золото там все-таки сохраняется наряду с кварцем. Частично оно может растворяться и перемещаться вниз, но это перемещение не всегда связано с уменьшением его содержания в руде: благодаря тому, что все более легко растворимые минералы из этой зоны удалены, общая масса руды значительно уменьшена, и при частичном перемещении золота вниз содержание его в этой части месторождения все-таки может быть выше, чем в первичной руде.

В зоне окисления происходит осаждение золота, вынесенного из более верхних частей месторождения, но процессы обогащения этой зоны металлом в основном обычно обусловлены не этим, а также уменьшением общей массы руды за счет выщелачивания более легко растворимых минералов. Так как золото может находиться растворенным лишь в кислых поверхностных водах, то по мере продвижения их вниз и потери ими своей кислотности золото обычно полностью выделяется из растворов в нижних частях зоны окисления и лишь изредка некоторая часть его достигает верхних частей зоны вторичных сульфидов. Поэтому в золоторудных месторождениях, хотя минералогически и бывают выражены все четыре зоны, но в применении к золоту обычно можно различать лишь две зоны — зону первичных руд и зону окисления.

Процессы перемещения металлов в верхних зонах рудных месторождений, и в частности золоторудных, в значительной мере обусловлены окислением пирита и возникновением при этом ряда активных химических соединений. При отсутствии в месторождении пирита все эти процессы идут значительно менее интенсивно. Окисление пирита происходит по формуле:



Благодаря двойному количеству в пирите серы по отношению к железу, при его окислении образуется не только сульфат закиси железа, но и свободная серная кислота, чего не наблюдается при окислении других сульфидов:

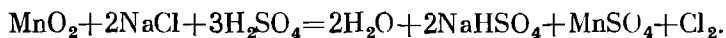


При дальнейшем окислении сульфат закиси железа переходит в сульфат окиси, а последний, гидратируясь, — в гидрат окиси, дающий начало скоплениям лимонита. Образующаяся при окислении пирита свободная серная кислота является главным фактором процессов вторичного обогащения в верхних горизонтах месторождений.

Эммонс считает, что в рудных месторождениях золото может растворяться только хлором в состоянии выделения («in statu nascendi»). Для этого необходимо совместное присутствие в водах, циркулирующих

в месторождении, соединений хлора и марганца, который выделяет свободный хлор из его соединений. Соединения хлора, часто в виде хлористого натрия, присутствуют во всех породах как изверженных, так и осадочных. Среднее содержание хлора в изверженных породах равно 600 г/т (по Ф. Кларку), в водах медных рудников — около 60 г/т, золотых и серебряных — 21,3 г/т. В последних иногда содержание хлора возрастает до 843 г/т.

Марганец также содержится в составе изверженных пород и иногда присутствует в золоторудных месторождениях в виде марганцовистых минералов (родохрозит MnCO_3 , родонит MnSiO_3 , албандин MnS и др.). Свободная серная кислота, реагируя с хлористым натрием, дает хлористоводородную кислоту, из которой соединения марганца выделяют свободный хлор:



Хлор в состоянии выделения растворяет золото и в виде хлорного золота AuCl_3 перемещает его вниз. Золото может быть растворенным только в кислом растворе в присутствии свободной серной кислоты или сульфата окиси железа. Все восстановители, реагирующие с этими соединениями, т. е. восстанавливающие растворы, вызывают осаждение золота, как только растворы перестают быть кислыми. Этим объясняется и то, что золото может перемещаться только до низов зоны окисления, но не проникает в зону вторичных сульфидов, где растворы имеют восстановительный характер.

Подобными восстановителями являются большинство сульфидов, а также карбонаты и многие породообразующие минералы, в том числе такие распространенные, как щелочные полевые шпаты. Особенно сильными осадителями являются пирротин FeS и халькозин Cu_2S , кальцит CaCO_3 и сидерит FeSO_3 , а также весьма богатые щелочами нефелин NaAlSiO_4 и лейцит KAlSi_2O_6 . В присутствии в месторождении или во вмещающих породах этих минералов золото весьма быстро осаждается из растворов и не может перемещаться сколько-нибудь заметно.

Итак, способность золота к перемещению из верхов месторождения и концентрации в низах зоны окисления находится в полной зависимости от минералогического состава самого месторождения и вмещающих пород. Благоприятными для перемещения условиями являются обилие в месторождении пирита, присутствие марганцевых соединений, богатство поверхностных вод хлором и отсутствие сильных восстановителей. Наоборот, при малом количестве пирита, отсутствии соединений марганца и наличии сильных восстановителей способность золота к перемещению весьма невелика и во многих месторождениях практически равна нулю.

10. Вторичные изменения и образование россыпей

Вторичные изменения золоторудных месторождений могут оказать весьма заметное влияние на характер образующихся из этих месторождений россыпей. Если условия для перемещения золота в месторождении неблагоприятны, то при разрушении его верхних частей содержащееся в них золото освобождается и поступает в россыпи. Если же в месторождении имеются благоприятные условия для перемещения золота, то верхние части месторождения могут оказаться значительно им обедненными. При их разрушении даже из богатого месторождения могут образоваться весьма бедные россыпи.

Глубина, на которую могут в рудных месторождениях распространяться различные зоны вторичных изменений, может быть очень различна. Глубина распространения зоны вторичных сульфидов зависит

в основном от трещиноватости пород и их водопроницаемости. В некоторых месторождениях она распространяется на глубину 600 и даже 800 м от поверхности, наоборот, в других уже на небольшой глубине от поверхности расположена зона первичных руд.

Нижняя граница зоны окисления является несколько более определенной, так как она примерно совпадает с постоянным уровнем грунтовых вод. Отсюда ясно, что в странах сухих окисление месторождений распространяется глубже, чем в странах с влажным климатом, но, с другой стороны, во влажном климате окисление месторождений выше уровня грунтовых вод проходит гораздо быстрее и полнее, чем в сухом климате.

В горных странах с большими относительными высотами, где местность хорошо дренирована глубокой сетью речных долин, уровень грунтовых вод под возвышенностями является значительно пониженным, и процессы окисления распространяются глубже, чем в ценопленизированной местности, где уровень грунтовых вод расположен сравнительно неглубоко.

Наконец, весьма большое влияние на глубину окисления оказывают и температурные условия местности. В теплом климате процессы окисления весьма быстро распространяются до уровня грунтовых вод, в холодном они протекают с большой медлительностью, а в условиях вечной мерзлоты зона окисления весьма часто совершенно отсутствует.

В тех случаях, когда в условиях вечной мерзлоты зона окисления хорошо развита, она обычно образовалась не под покровом вечной мерзлоты, а в периоды более мягкого климата, когда вечная мерзлота отсутствовала. В условиях вечной мерзлоты большое влияние может оказать и экспозиция склонов. Склоны, обращенные на север, обычно представляют сплошное развитие вечной мерзлоты, в то время как на южных склонах она развита значительно меньше и может даже совершенно отсутствовать. В связи с этим даже в различных участках одного месторождения процессы окисления могут распространяться на весьма различную глубину в зависимости от того, на каких склонах эти участки расположены.

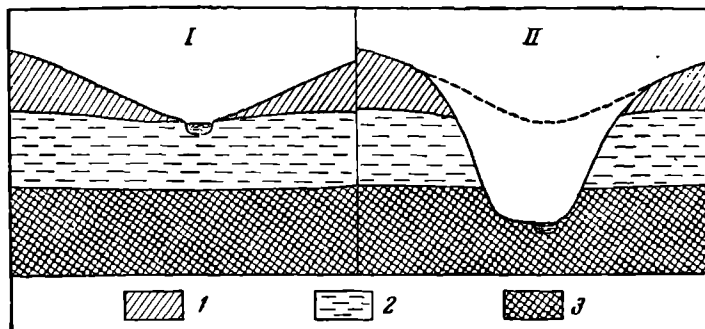
Максимальная глубина, на которую наблюдалось вторичное перемещение золота, это 300 м, но обычно она значительно меньше, не превышая немногих десятков метров, а иногда и нескольких метров. Положение границы зоны окисления может весьма сильно меняться в зависимости от фазы развития рельефа. Процессы физического выветривания горных пород совместно с процессами денудации непрерывно снижают уровень водораздельных возвышенностей, стремясь сблизить между собою дневную поверхность и нижнюю границу зоны окисления. Но тем самым они снижают и постоянный уровень грунтовых вод, давая возможность и процессам окисления распространяться дальше на глубину.

При этом соотношение между денудационной поверхностью и границей зоны окисления будет зависеть главным образом от климатических условий. В условиях теплого и влажного, т. е. химически активного, климата граница зоны окисления распространяется на глубину весьма быстро, непосредственно следуя за постоянным уровнем грунтовых вод. При этом следует отметить, что в условиях подобного климата и процессы физического выветривания являются сильно замедленными, благодаря чему снижение денудационной поверхности происходит довольно медленно. Если при этих условиях минералогический состав месторождения благоприятствует переносу золота, то может случиться, что верхние горизонты месторождения будут совершенно его лишены, и по мере снижения денудационной поверхности оно также будет опускаться в более глубокие горизонты месторождения, никогда не попадая на поверхность, а вместе с тем и в россыщи.

Наоборот, в условиях континентального климата, и особенно субарктического, характерного для многих наших золотоносных районов, процессы

окисления месторождений идут сильно замедленным темпом, а процессы физического выветривания и денудации — ускоренным, благодаря чему во многих случаях подвергаются разрушению части месторождений, лишь слегка затронутые процессами окисления. Нередки случаи, когда в элювии месторождения можно наблюдать свободный сульфидный шлик. При этом, конечно, никакого сколько-нибудь заметного переноса золота вглубь месторождения не может быть.

Эрозионная деятельность протекает значительно менее равномерно, чем выветривание и денудация. Особенно это касается углубления уровня речных долин. Оно происходит обычно весьма быстро и притом в строго локализованные во времени периоды — в начале каждого эрозионного



Фиг. 11. Расположение вторичных зон (в плоскости жилы) до врезания (I) и после врезания (II) речной долины.

1 — зона окисления; 2 — зона цементации; 3 — зона первичных руд.

цикла. Между этими периодами, иногда в течение весьма продолжительного отрезка времени, уровень речных долин не понижается, а, наоборот, испытывает некоторое небольшое повышение благодаря накоплению речных наносов.

Под речными долинами уровень грунтовых вод расположен ближе всего к поверхности, и зона окисления имеет наименьшую мощность. Поэтому при углублении речных долин они обычно врезаются в зону первичных или вторичных сульфидов в зависимости от мощности последней глубины врезания. При большой глубине врезания мы можем иметь, по окончании его, выходящими на поверхность одновременно все зоны месторождения: на дне долины и в нижних частях склонов — зону первичных руд, выше по склонам — зону вторичных сульфидов и в самом верху — зону окисления. Все эти зоны, еще не успев приспособиться к новому уровню речных долин, временно будут расположены применительно к прежней (до врезания) топографической поверхности (фиг. 11).

Снижение уровня речных долин приводит к соответственному снижению трех зависящих от него поверхностей: уровня грунтовых вод, нижней поверхности зоны окисления и денудационной поверхности. К новому уровню речных долин прежде всего приспособляется наиболее подвижная из этих поверхностей — уровень грунтовых вод, который под водораздельными возвышенностями испытывает резкое снижение соответственно новой топографической поверхности и в дальнейшем лишь весьма медленно снижается по мере постепенного снижения поверхности денудации.

В эту фазу развития рельефа значительная часть зоны вторичных сульфидов может оказаться расположенной выше уровня грунтовых вод, даже при условии большой интенсивности процессов окисления. Последние, стремясь догнать быстро снизившийся уровень грунтовых вод, также начинают с повышенной интенсивностью распространяться на глубину.

С своей стороны, и денудационная поверхность, приспособляясь к новому, сниженному базису денудации, начинает снижаться с повышенной интенсивностью, или опережая снижение зоны окисления или отставая от него. Наконец, между всеми тремя поверхностями устанавливается определенное динамическое равновесие, и свое дальнейшее постепенное снижение они производят совместно, в соответствии друг с другом.

Если вторичные зоны месторождения выработались в условиях активного климата, а к периоду углубления долин он резко изменился, то поднятые над уровнем речных долин различные зоны месторождения могут сохраняться в условиях нового, неактивного климата неопределенно долгое время без сколько-нибудь заметного изменения и приспособления к новому уровню речных долин, если не считать постепенного уничтожения верхних зон процессами физического выветривания и денудации. В этом случае мы будем иметь поднятые зоны вторичных изменений.

Наоборот, если местность испытала значительное погружение или климат сделался более влажным и уровень грунтовых вод повысился, то часть окисленной зоны месторождения может оказаться расположенной ниже уровня грунтовых вод, т. е. мы будем иметь погруженную зону окисления.

Резюмируя все сказанное о вторичных изменениях золоторудных месторождений, можно высказать следующие основные положения.

1. Обогащение зоны окисления золоторудных месторождений золотом происходит двумя путями: а) сокращением общей массы руды благодаря выщелачиванию наиболее легко растворимых минералов; б) растворением золота в зоне выщелачивания и вторичным его отложением в низах зоны окисления.

2. Первый процесс может протекать при полном отсутствии второго, второй всегда сопровождается первым.

3. Реальность обоих процессов зависит прежде всего от первичного минералогического состава месторождения и отчасти — вмещающих пород, т. е. от факторов, не меняющихся во времени.

4. Интенсивность обоих процессов может быть весьма различной в зависимости от климатических факторов, подверженных значительным колебаниям во времени. Эти факторы могут действовать только в одном направлении, т. е. могут уменьшить до полного прекращения интенсивность процессов при благоприятных условиях состава месторождения, но не могут сделать эти процессы интенсивными при неблагоприятных условиях минералогического состава.

5. Максимальная глубина проникновения процессов вторичного обогащения в золоторудных месторождениях зависит от положения уровня грунтовых вод, которое определяется тремя группами факторов: а) проницаемостью пород, б) климатическими условиями, в) характером рельефа.

6. Действительное положение различных зон месторождения относительно уровня грунтовых вод и топографической поверхности зависит: а) от фазы развития рельефа, б) от интенсивности процессов вторичных изменений.

7. Чем древнее рельеф и чем больше интенсивность этих процессов, тем более вторичные зоны месторождения являются приспособленными и к уровню грунтовых вод и к топографической поверхности.

8. Чем моложе рельеф и чем меньше интенсивность процессов, тем больше может быть несоответствие в расположении вторичных зон месторождения, с одной стороны, и уровня грунтовых вод и топографической поверхности — с другой стороны.

9. При поднятии страны, т. е. омоложении рельефа, все зоны оказываются поднятыми относительно уровня грунтовых вод и с течением времени к нему приспособляются.

10. При погружении страны все зоны месторождения оказываются опущенными относительно уровня грунтовых вод и к нему не приспособиваются, так как вторичные изменения месторождений являются процессом необратимым.

11. В зависимости от комбинации тех или иных факторов, на дневную поверхность могут выходить и подвергаться физическому выветриванию, давая начало россыпям, самые различные зоны золоторудных месторождений.

12. Россыпщик, занимаясь установлением связи россыпей с золоторудными месторождениями, должен анализировать вторичные изменения последних, идя от оценки основных факторов к оценке более второстепенных, т. е. примерно в том порядке, как только что изложено.

11. Коренные месторождения платины

Насколько близки по своему характеру россыпные месторождения золота и платины, настолько же эти металлы разнятся между собою в своих рудных проявлениях. В то время, как коренные месторождения золота связаны в основном с кислыми, богатыми кремнеземом породами — гранитами, гранодиоритами, коренные месторождения платины связаны с основными, бедными кремнеземом породами — габбро, норитами, перидотитами, пироксенитами и пр.

В то время как коренные месторождения золота относятся почти исключительно к гидротермальным, а остальные типы имеют совершенно ничтожное значение, коренные месторождения платины являются магматическими, другие типы представляют лишь минералогический интерес.

При всем этом различии золото и платина сохраняют в своих коренных месторождениях одну общую, притом весьма резко выраженную черту: оба они встречаются преимущественно в самородном виде. Подчиненное значение имеют твердые растворы в сульфидах, причем для платины они играют, пожалуй, несколько меньшую роль, чем для золота. Наконец, еще меньшее значение имеют химические соединения: для золота — с теллуrom, для платины — с мышьяком (сперилит $PtAs_2$).

Коренные магматические месторождения платины могут быть разбиты на две группы: аккумуляционные и ликвационные. Аккумуляционными называются те месторождения, которые образовались благодаря аккумуляции (накоплению) платины совместно с другими тяжелыми минералами, первыми выделяющимися из магматического расплава в отдельных местах магматического бассейна. Ликвационными являются те, которые образовались благодаря процессу ликвации, т. е. разделению жидкого магматического расплава на две жидкие же, не смешивающиеся между собою фракции: силикатную и сульфидную. Сульфидная фракция затвердевает позднее и концентрирует в себе всю платину.

Аккумуляционные месторождения платины обычно связаны с ультраосновными, бесполевошпатовыми породами: пироксенитами, перидотитами и пр.

Эти породы образуются благодаря разделению основной магмы по удельному весу: ультраосновные породы, как более тяжелые, сосредоточены в нижних частях магматического тела, верхние его части заняты более легкими, менее основными породами: норитами, габбро, габбродиоритами. При синклинальном расположении магматического тела (лополит) выход его на дневную поверхность имеет по своей периферии ультраосновные породы, в середине — более кислые. При антиклинальном расположении картина обратная — в центре ультраосновные породы, по периферии более кислые.

Обычно месторождения этого типа связаны с дунитами разности перидотитов, состоящей из оливина $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ и хромита $(\text{Mg, Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$. Хромит не распределяется в дуните равномерно, а образует отдельные обогащенные участки, так называемые шпирь самых разнообразных форм и размеров. Они то прожилкообразны, то гнездообразны, то трубообразны. Размеры их колеблются от десятков сантиметров до десятков метров. Вместе с хромитом в этих шпирях концентрируется и платина. Содержание ее обычно колеблется не только в разных шпирях, но часто и в пределах одного и того же шпиря; в наиболее богатых рудных телах оно достигает нескольких десятков и иногда даже сотен граммов на тонну.

В этом типе месторождений платина присутствует в самородном виде, образуя или правильные кристаллические зерна или неправильные, угловатые включения, форма которых обусловлена промежутками между зернами других минералов.

В пределах среднего и северного Урала дунитовые массивы образуют в рельефе плосковыпуклые возвышенности, являющиеся обыкновенно местными водоразделами. Вторичные изменения этого типа месторождений не сопровождаются сколько-нибудь заметным изменением в содержании платины. Они проявляются главным образом в изменении оливина, который тернет железо, гидратируется и превращается в змеевик $\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_4$. Хромит не изменяется, платина делается менее чистой, обогащаясь медью, железом и никелем.

Ликвационные месторождения платины связаны с значительно менее основными породами и наиболее часто приурочены к норитам, иногда к габбродиабазам. Норитовая магма, находясь при высокой температуре, может растворять в себе значительное количество сульфидов. При понижении температуры растворимость последних значительно уменьшается, и начинается процесс ликвации — разделение магмы на две несмешивающиеся части: силикатную и сульфидную. Температура отвердевания для силикатной части значительно выше, чем для сульфидной. Поэтому, когда силикатная часть магмы уже превратилась в твердую породу, сульфиды в течение некоторого времени еще продолжают оставаться в расплавленном состоянии и лишь при дальнейшем понижении температуры постепенно затвердевают.

Процесс ликвации протекает по всей массе норитовой магмы. Сульфиды, присутствующие в расплаве в незначительном по сравнению с силикатами количестве, выделяются в виде отдельных капелек, взвешенных в силикатном расплаве. Обладая значительно большим удельным весом, чем последний, они стремятся опуститься вниз и сосредоточиться в нижних частях магматического тела. При этом отдельные капельки сульфидов сливаются между собою, образуя более значительные скопления силикатных сульфидов.

Чем медленнее идет остывание магматического тела, тем для сульфидов больше возможности скопиться в нижних его частях. При быстром остывании и затвердевании силикатов значительная часть сульфидов остается в виде отдельных капелек. Поэтому в небольших магматических телах, а также в краевых частях более крупных тел, там, где остывание было наиболее быстрым, обычно встречается мелкая сульфидная вкрапленность. В нижних частях более крупных магматических тел преобладают более крупные сульфидные залежи. Так как подобные скопления сульфидов остаются в жидком состоянии еще в течение довольно значительного промежутка времени, когда силикатная часть породы уже полностью затвердела, то часто наблюдается, что сульфиды выполняют трещины, образовавшиеся в этот период в силикатной породе, или цементируют в брекчиях отдельные ее куски. Точно так же они могут живообразно выполнять

и трещины, образовавшиеся в подстилающих магматическое тело более древних породах основания (Седбери, Канада).

Минералогический состав подобных ликвационных месторождений обычно весьма однообразен. Резко преобладающими рудными минералами являются: пирротин FeS , пентландит $(\text{Fe}, \text{Ni})\text{S}$ и халькопирит CuFeS_2 . В значительно подчиненном количестве присутствуют: пирит FeS_2 , магнетит Fe_3O_4 , сфалерит ZnS , сперрилит PtAs_2 . В более крупных жиллообразных залежах изредка присутствует и незначительное количество жильных минералов: хлорита, эпидота, кварца.

Платина, кроме сперрилита, образует, повидимому, также и твердые растворы в сульфидах. Последние, главным образом халькопирит, кроме платины, часто содержат еще незначительные количества палладия, золота, серебра.

Некоторые из ликвационных месторождений (Южная Африка) являются существенно платиновыми, другие же (Седбери, Канада) медно-никелевыми, и платина из них добывается лишь попутно.

Вторичные изменения этих месторождений выражаются в обычном окислении колчеданов.

В то время как с аккумуляционными месторождениями почти всегда связаны россыпи платины, из ликвационных месторождений россыпи за редкими исключениями не образуются.

Глава IV

ПРОЦЕССЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ И ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ

1. Общие замечания

Выше мы уже рассмотрели процессы вторичных изменений в золоторудных месторождениях, не вдаваясь, впрочем, в рассмотрение тех изменений, которым при этом подвергаются отдельные минералы, а также самих процессов механического разрушения месторождения и освобождения из него золота. Между тем последние процессы имеют для образования россыпей исключительно важное значение. В настоящей главе мы займемся рассмотрением всех этих процессов, а также тех элювиальных продуктов, которые в результате их получаются.

Так как разрушение коренных месторождений золота и платины не может протекать обособленно, вне зависимости от разрушения вмещающих их пород, и так как продукты разрушения последних принимают участие в сложении элювиальных россыпей, а также дают главную массу обломочного материала для аллювиальных россыпей, то мы рассмотрим в настоящей главе также процессы и продукты выветривания наиболее распространенных пород.

2. Выветривание физическое и химическое

Процесс выветривания коренных пород, включая сюда и коренные месторождения золота и платины, состоит, по существу, из двух самостоятельных процессов: выветривания физического и химического. Эти процессы весьма различны между собою как по самому своему существу, так и по тем факторам, которыми они обусловлены, а также по тем закономерностям, которым подчинено течение того и другого процессов. В некоторых отношениях оба процесса являются даже противоположными друг другу. Общее у них то, что оба процесса обусловлены факторами, связанными с условиями земной поверхности, и обычно протекают совместно, помогая друг другу.

Процесс физического выветривания заключается в том, что коренная порода, попадая на земную поверхность, оказывается здесь неустойчивой в новых для нее физических условиях и распадается на отдельные куски, которые в свою очередь подвергаются дальнейшему измельчению. Таким образом, весь процесс физического выветривания сводится к постепенному измельчению материала коренной породы. Так как этот процесс представляет собою приспособление породы к физическим условиям земной поверхности, то отсюда логический вывод: чем мельче материал, тем более он устойчив в физических условиях земной поверхности, т. е. по мере измельчения материала процесс физического выветривания его постепенно замедляется. При определенной степени измельчения этот процесс замедлится настолько, что практически прекратится. Эта степень

измельчения зависит как от характера самого материала, так и от интенсивности факторов выветривания.

Основным фактором физического выветривания являются резкие изменения температуры, связанные с неравномерным изменением объема горных пород. Эта неравномерность приводит к появлению трещин, по которым и происходит распадение кусков горных пород на более мелкие части. Совершенно ясно, что чем мельче обломок горной породы, тем в более равномерных температурных условиях он находится и тем менее на нем отзываются резкие их изменения.

Чем континентальнее климат, т. е. чем резче колебания температуры, тем интенсивнее идет физическое выветривание. Наоборот, в условиях равномерно-теплого и влажного климата, где колебания температуры невелики и постепенны, процессы физического выветривания являются сильно замедленными.

Процесс химического выветривания заключается в том, что коренная порода, попадая на земную поверхность, оказывается здесь неустойчивой в условиях новой для нее химической среды и, вступая с ней во взаимодействие, претерпевает целый ряд изменений в своем химическом составе. Таким образом, процесс химического выветривания сводится к постепенному преобразованию первичных минералов коренной породы, неустойчивых в условиях земной поверхности, во вторичные минералы, устойчивые в этих условиях.

Так как эти процессы обусловлены химическим взаимодействием с окружающей средой, то чем больше поверхность соприкосновения, тем интенсивнее они идут. Отсюда вывод: чем мельче материал, тем легче он подвергается химическому выветриванию. По мере измельчения материала процессами физического выветривания он становится все более доступным для выветривания химического.

Основным фактором химического выветривания является поверхностная и грунтовая вода с растворенными в ней углекислотой и кислородом воздуха. Реагируя с материалом коренных пород, она, с одной стороны, производит в нем ряд химических изменений, с другой стороны, изменяет и свой собственный состав, теряя одни составные части и обогащаясь за счет материала коренных пород другими. Последние при дальнейшей циркуляции воды сами могут играть активную роль в процессе химического изменения материала коренных пород.

Химическое выветривание, как и большинство химических процессов, идет более интенсивно при более высокой температуре и замедленно — при низкой. Кроме того, весьма большую роль играет и масса воды, принимающая участие в реакциях. Поэтому наиболее благоприятным для химического выветривания является жаркий и влажный климат; в условиях сухого или холодного климата химическое выветривание протекает значительно медленнее.

В тех случаях, когда процессы химического выветривания сопровождаются изменением объема горных пород, в последних образуются пустоты, облегчающие их дальнейшее физическое выветривание: при увеличении объема порода растрескивается, при уменьшении — в ней образуются различного характера поры и пустоты. Таким образом, оба процесса, физического и химического выветривания, при всем своем различии протекают в тесном взаимодействии друг с другом.

Для процесса образования россыпей большее значение имеет физическое выветривание, и чем дальше оно зайдет, чем совершеннее будет измельчение материала, тем полнее будет освобождение металла из коренной породы и тем большая часть его сконцентрируется в россыпи. Но и химическое выветривание имеет для образования россыпей громадное значение. Прежде всего в тех случаях, когда металл находится

в коренном месторождении в виде твердого раствора в сульфидах или в виде химического соединения, для перевода его в самородное состояние необходимо химическое выветривание месторождения: не будучи переведен в самородное состояние, металл не сможет сконцентрироваться в россыпи. Кроме того, химическое выветривание месторождения, как указано выше, облегчает его физическое выветривание. И, наконец, при процессах химического выветривания пород образуются глины, присутствие или отсутствие которых может весьма сильно отражаться на характере россыпей.

Сначала мы рассмотрим по отдельности процессы физического и химического выветривания, а затем уже их непосредственный продукт — элювиальные россыпи.

3. Физическое выветривание

Процесс физического выветривания, естественно, распадается на ряд отдельных последовательных моментов. Прежде всего в породе возникает тонкая трещина; затем она удлиняется и расширяется до полного разъединения разделяемых ею частей породы и, наконец, происходит удаление этих частей одна от другой путем пространственного перемещения или одной из них или обеих.

Первоначальное возникновение трещин всегда бывает связано с неравномерным изменением объема, а последнее обусловлено обычно колебаниями температуры и значительно реже — химическим выветриванием. Обнаженная поверхность коренной породы под влиянием непосредственно падающих на нее солнечных лучей заметно нагревается и благодаря этому расширяется. Более глубокие части породы благодаря плохой ее теплопроводности прогреваются весьма медленно, и между ними и наружным слоем возникают значительные напряжения, которые при частом повторении разрешаются образованием в породе трещин.

То же явление, но в обратном порядке, происходит при охлаждении породы: первым остывает наружный слой, а потом уже постепенно отдают свою теплоту более внутренние. В самом наружном слое также возникают значительные внутренние напряжения, если порода состоит из нескольких минералов, имеющих различные коэффициенты расширения. Неравномерное расширение и сжатие этих минералов приводит к образованию между ними трещин.

Растрескивание пород совершается тем легче, чем больше изменения температуры и чем быстрее они совершаются. Сезонные колебания температуры, если они даже весьма велики (иногда до 80—90°), сравнительно слабо влияют на физическое выветривание; в то же время суточные колебания вызывают весьма сильное растрескивание пород. В условиях наших золотоносных районов максимальные колебания температуры воздуха в течение суток наблюдаются осенью и весной, при этом наиболее быстрые изменения температуры происходят при восходе солнца и тотчас после его захода.

Выветривание пород зависит даже не столько от изменений температуры воздуха, сколько от изменений температуры самих пород. Последние от непосредственного освещения солнечными лучами нагреваются значительно сильнее окружающего их воздуха; особенно сильно и быстро нагреваются черные и вообще темные породы, но они же весьма быстро и остывают. В ясную погоду физическое выветривание идет значительно интенсивнее, чем в пасмурную; на высоких горах, где воздух прозрачнее и величина инсоляции больше, — интенсивнее, чем в низменностях. Как влажность, так и малая прозрачность воздуха уменьшают интенсивность физического выветривания. Наиболее благоприятным для него

климатом является климат сухой и с резкими колебаниями температуры, т. е. климат пустынь, арктических и субарктических областей.

Иногда возникновение трещин обусловлено химическим выветриванием. Часто вода пропитывает горные породы по мельчайшим, субкапиллярным трещинам, стыкам между зернами, трещинам спайности и пр., обуславливая их химическое выветривание на значительную глубину. При этом могут также возникать трещины. Так, например, оливин, переходя в змеевик, увеличивается в объеме и растрескивается. Если это превращение происходит на глубине под порочным давлением, то растрескивания может и не быть, но как только порода попадет в условия меньшего давления, в ней тотчас появятся трещины.

Наконец, во многих породах имеются первичные трещины, а также трещины более позднего происхождения, но не связанные с физическим выветриванием. В осадочных породах всегда имеются плоскости слоистости; в результате процессов складчатости они еще более индивидуализируются и, кроме того, появляются еще системы трещин сланцеватости и отдельности. В изверженных породах первичными являются контракционные трещины, образующиеся от сокращения объема при остывании породы; в дальнейшем в ней могут появиться и тектонические трещины. По отношению к процессам физического выветривания все такие трещины являются первичными.

Присутствие в породе таких первичных трещин значительно облегчает ее физическое выветривание. Порода распадается на отдельные глыбы прежде всего именно по трещинам отдельности, а затем уже эти глыбы подвергаются дальнейшему измельчению под влиянием температурных воздействий. Каждая порода обладает своей системой трещин отдельности, располагающихся в зависимости от условий образования породы и позднейших тектонических воздействий. Так, для гранитов характерна матрацевидная отдельность; для базальтов — столбчатая неправильной многогранная; для некоторых диабазов — шаровая; для осадочных пород — пластовая, но некоторые сильно перемятые сланцы и песчаники обладают брусковой отдельностью, благодаря пересечению трещин слоистости, сланцеватости и отдельности.

От густоты расположения трещин отдельности весьма сильно зависит сопротивляемость пород выветриванию. Чем гуще расположены эти трещины, тем легче порода выветривается. Некоторые породы, которые, казалось бы, должны хорошо сопротивляться выветриванию, в то же время весьма легко разрушаются благодаря обилию в них трещин отдельности.

После возникновения в породе трещин процесс физического выветривания заключается в их расширении и удлинении. Эти трещины весьма легко заполняются водою как поверхностной, так и грунтовой, которая разделяет их как физическим, так и химическим путем. Особенно велико при этом воздействие воды при ее замерзании в трещинах, или так называемое «морозное выветривание». Переходя в лед, вода со страшной силой расширяется и при этом, конечно, расширяет и удлиняет занимаемые ею трещины. Давление, которое она при этом оказывает на стенки трещин, весьма велико и измеряется в 6000 кг/см^2 , т. е. примерно 6000 атм . Ясно, что в условиях земной поверхности такой сокрушающей силой ничто не может сопротивляться.

Наиболее интенсивно морозное выветривание идет там, где температура пород при своих колебаниях в ту и иную сторону часто проходит через 0° , т. е. точку замерзания воды. Таким образом, как и растрескивание пород, морозное выветривание наиболее интенсивно протекает весной и осенью, а по времени суток — вскоре после захода солнца. В отличие от растрескивания пород, которое более интенсивно в сухих поро-

дах, имеющих более резкие колебания температуры, чем породы влажные, морозное выветривание, как неразрывно связанное с водою, может протекать только во влажных породах.

Химические процессы в этой стадии физического выветривания имеют уже большее значение, чем при образовании трещин. Поверхность соприкосновения пород с окружающей средой увеличивается, благодаря трещинам, во много раз. Вода, выполняющая трещины, может, с одной стороны, производить выщелачивание, сопровождаемое расширением трещин, с другой стороны — гидратизацию минералов, сопровождаемую увеличением объема и удлинением трещин. Некоторое значение для расширения трещин могут иметь проникающие в них корни растений.

Как образование, так и расширение трещин может в очень сильной степени зависеть от механических свойств пород. Так, например, породы хрупкие, хотя бы и твердые, подвергаются растрескиванию весьма легко. Наоборот, породы вязкие весьма стойки по отношению к растрескиванию. Вязкими породами обычно являются породы, состоящие из волокнистых или сильно вытянутых беспорядочно расположенных минералов или содержащие в своем составе эти минералы; весьма вязкими являются нефрит, некоторые диабазы, фonoлиты и пр.

Следующий момент физического выветривания — окончательное отделение куска породы, ограниченного со всех сторон трещинами, протекает в основном под влиянием силы тяжести и при помощи тех же агентов, которые производят и расширение трещин. Если этот кусок расположен на нижней стороне подвергающейся выветриванию массы породы, то он отделяется весьма легко, причем сила тяжести может в этом случае весьма значительно содействовать расширению трещин. Если он расположен на верхней поверхности, то даже после окончательного своего отделения по трещинам он остается лежать на месте, предохраняя более глубокие части породы от резких колебаний температуры.

При боковом расположении быстрой отделения куска породы зависит от расположения трещин и характера их стенок. При прямолинейных трещинах с гладкими стенками отделение происходит очень легко. Чем более неправильны трещины и шероховаты их стенки, тем отделение происходит труднее. В гранитах, где мелкие трещины весьма неправильны, располагаясь по границам между зернами, продукты физического выветривания часто весьма долго не удаляются с поверхности выветривающихся глыб, предохраняя последние от дальнейшего интенсивного выветривания.

Отделяющиеся от коренной породы куски образуют элювий, который или удаляется процессами денудации или накапливается на поверхности коренных пород, образуя род защитного плаща, предохраняющего расположенные под ним коренные породы от интенсивного физического выветривания. Слагающие элювий куски пород продолжают и здесь свое дальнейшее измельчение, по мере которого процессы физического выветривания постепенно ослабевают; наоборот, значительно облегчаются и становятся более интенсивными процессы химического выветривания.

4. Химическое выветривание

В процессах химического выветривания принимают участие две химические среды: с одной стороны, вещество коренной породы, с другой — поверхностные и грунтовые воды с растворенными в них твердыми и газообразными веществами. В результате химического взаимодействия изменяется состав как одной, так и другой среды. Вещество коренной породы обогащается за счет растворов одними составными частями,

главным образом водою, углекислотою и кислородом, но отдает им другие составные части.

Не все химические элементы, принимающие участие в составе коренной породы, с одинаковой легкостью переходят в раствор. Одни делают это весьма легко и быстро, другие значительно медленнее и, наконец, третьи являются почти нерастворимыми, постепенно накапливаясь в элювии в качестве остаточных продуктов химического выветривания. Химизм этого процесса весьма подробно разработан Б. Б. Полюновым.

Он разделяет главнейшие элементы, входящие в состав наиболее распространенных горных пород, на четыре порядка по скорости их поступления в растворы. Прежде всего из породы удаляются соединения хлора и серы; на втором месте стоят кальций, натрий, магний и калий; к третьему порядку относится кремнезем, входящий в состав силикатов; и, наконец, последними остаются железо, алюминий и свободный кремнезем (кварц).

Соответственно этому, Полюнов различает четыре стадии химического выветривания элювия. В первой стадии элювий представляет продукты физического выветривания, не обедненные еще никакими элементами. Во второй стадии удалены хлор и серная кислота, это так называемый «обизвесткованный элювий». В третьей стадии удалены Са, Na, Mg, K — это стадия глин. В четвертой стадии удален кремнезем силикатов — это стадия латеритов, представляющих остаточные накопления окислов Fe и Al.

Все эти процессы идут тем интенсивнее, чем жарче и влажнее климат. В условиях наших золотоносных районов элювий никогда не доходит до стадии латеритов. До стадии глин он доходит в более южных районах; в более северных, обладающих холодным климатом, лишь в особо благоприятных условиях. Так как присутствие глин оказывает большое влияние на характер россыпей, то на процессах их образования надо немного задержаться.

Наиболее распространенными процессами образования глин являются следующие четыре процесса:

1. Разложение силикатных, в основном полевошпатовых пород с накоплением глин как остаточных продуктов выветривания.
2. Выщелачивание известняков с накоплением заключенного в них глинистого вещества как остаточного продукта.
3. Разложение глинистых сланцев под действием серной кислоты, образующейся при окислении заключенного в сланцах пирита.
4. Образование и накопление глин при процессах оледенения.

Первый процесс в условиях северных золотоносных и оловоносных районов в настоящее время не имеет места, так как в связи с суровым климатом химическое выветривание элювия до этой стадии никогда не доходит. Однако в третичное время и отдельные (межледниковые) эпохи четвертичного времени климат был значительно теплее, чем сейчас, и выветривание полевошпатовых пород в некоторых северных районах (например, Алданском) доходило до каолиновой стадии. Эта древняя каолиновая кора выветривания местами сохранилась в этих районах и до нашего времени.

Выщелачивание известняков с освобождением глинистого вещества может протекать весьма интенсивно даже в условиях сурового климата, в районах с развитием вечной мерзлоты. Так, например, в Алданском золотоносном районе при выщелачивании среднекембрийских известняков образуются значительные скопления желтых и красных, весьма пластичных глин. В других районах, как, например, Колымском и Аллах-Юнском, при выщелачивании силурийских и девонских известняков

глины не образуются. Вероятно, это зависит от первичного состава изверженных.

Разложение глинистых сланцев под действием серной кислоты обычно имеет чисто местное значение и ограничивается лишь теми участками сланцев, которые интенсивно пиритизированы. При широко развитой региональной пиритизации сланцев развитие связанных с ними глин может иметь региональный характер. Глины, образующиеся этим способом, обычно являются чрезвычайно вязкими. Вероятно глины, столь широко развитые в Ленском золотоносном районе, обязаны своим происхождением лишь отчасти процессам оледенения, отчасти же интенсивной пиритизации сланцев.

Образование глин при процессах оледенения является не вполне понятным. Неизвестно, образуются ли они благодаря химическому или физическому выветриванию. Во всяком случае, ледниковые отложения обычно бывают сильно глинисты, но чистые глины образуются лишь при их перемыве. Возможно, что в некоторых случаях ледники играют только транспортирующую роль, лишь перемещая ранее образовавшиеся глины. Но в некоторых районах, как, например, в Аллах-Юнском, все-таки скопления глин наблюдаются только в связи с ледниковыми отложениями.

В некоторых случаях глины образуются независимо от процессов выветривания. Сюда, например, относится каолинизация вмещающих пород около некоторых эпitherмальных месторождений. Прекрасным примером образования подобных каолиновых глин является месторождение Белая Гора (ДВК).

Итак, химическое выветривание сводится к растворению и удалению наиболее подвижных составных частей породы и к постепенному изменению состава остаточных продуктов. Это изменение выражается главным образом в окислении и гидратизации, отчасти также в карбонатизации. Характер остаточных продуктов может быть весьма различным для различных минералов и их комплексов. Рассмотрим вкратце химическое выветривание наиболее распространенных рудных, жильных и породообразующих минералов.

Пирит FeS_2 , пирротин FeS , арсенопирит FeAsS и другие железосодержащие минералы при своем окислении дают малоподвижные скопления бурого железняка $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, которые накапливаются в виде остаточных продуктов, образуя «железную шляпу» рудных месторождений. При окислении арсенопирита входящий в его состав мышьяк вместе с частью железа переходит в типичный минерал зоны окисления — скородит $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, покрывающий зеленоватыми пленками кристаллы арсенопирита или образующий самостоятельные скопления.

В качестве промежуточных продуктов выветривания железосодержащих сульфидов очень часто появляются разнообразные сульфаты железа типа мелантерита, ярозита, копиапита и др.

Халькопирит CuFeS_2 и другие медные сульфиды при слабой степени окисления могут давать куприт Cu_2O и самородную медь. При более совершенном окислении получаются малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ и азурит $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$. В присутствии свободной серной кислоты оба эти минерала не являются достаточно устойчивыми; переходя в раствор, медь перемещается в более глубокие зоны месторождения, где, восстанавливаясь, дает скопления вторичных сульфидов.

Галенит PbS и сфалерит ZnS при своем окислении переходят в углекислые соединения: церуссит PbCO_3 и смитсонит ZnCO_3 . В присутствии свободной серной кислоты, образующейся от окисления пирита, цинк перемещается довольно легко, свинец является почти неподвижным благодаря малой растворимости его сульфата. Поэтому церуссит PbCO_3

один из очень устойчивых минералов зоны окисления. Цинк иногда выпадает из растворов в виде кремнекислого цинка—галмея $\text{ZnSiO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$, который является менее подвижным, чем смитсонит.

Стибнит Sb_2S_3 , сурьмянистые белые руды и другие содержащие сурьму минералы при окислении обычно дают разнообразные окислы сурьмы: сервантит Sb_2O_4 , сенармонтит Sb_2O_3 и др.

Теллуриды золота и серебра при выветривании весьма легко окисляются, давая, с одной стороны, самородное золото и серебро, с другой — различные окисленные соединения теллура; этот процесс весьма важен для возможности образования россыпей из некоторых золоторудных месторождений.

Аргентит Ag_2S и другие серебряные минералы, довольно легко окисляясь, дают самородное серебро, хлористое серебро и пр., которые, попадая в восстановительные условия, без большого труда переходят опять во вторичный аргентит.

Гематит Fe_2O_3 изменяется значительно труднее железных сульфидов, гидратизируясь и переходя в лимонит. Благодаря своей устойчивости часто встречается в золотых россыпях.

Магнетит Fe_3O_4 , хромит $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$, касситерит SnO_2 , вольфрамит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$, шеелит CaWO_4 , висмут Bi являются весьма устойчивыми минералами в условиях окисления и потому часто встречаются в россыпях наряду с золотом и платиной.

Кварц SiO_2 , барит BaSO_4 , флюорит CaF_2 являются весьма устойчивыми минералами и в зоне выветривания не подвергаются каким-либо изменениям. Кварц почти нерастворим, барит растворяется в количестве 2—3 г/т, флюорит — 16 г/т.

Карбонаты: кальцит CaCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, анкерит $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$, сидерит FeCO_3 , родохрозит MnCO_3 в условиях зоны окисления являются минералами не особенно устойчивыми. Карбонаты кальция и магния заметно растворимы в воде, причем растворимость первого весьма сильно увеличивается в присутствии в растворе свободной углекислоты. FeCO_3 легко окисляется, давая лимонит. Анкерит при этом превращается в скопление рыхлой охры. MnCO_3 превращается в окислы и гидраты окислов марганца.

Гранаты, турмалин, ильменит, шпинели весьма устойчивы в условиях выветривания и потому совместно с золотом и платиной концентрируются в россыпях.

Каолин не подвергается никаким химическим превращениям и лишь в условиях жаркого и влажного климата подвергается латеритизации, т. е. теряет свой кремнезем.

Апатит не меняет своего химического состава, но довольно легко растворяется.

Полевые шпаты: ортоклаз $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$, альбит $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$, анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ и промежуточные между двумя последними плагиоклазы являются главнейшими породообразующими минералами. Они выветриваются тем труднее, чем больше содержат в своем составе кремнезема. Более устойчивыми являются альбит и ортоклаз, а плагиоклазы тем легче выветриваются, чем больший содержат процент анортита. Щелочные полевые шпаты, альбит и ортоклаз при выветривании прежде всего теряют свои щелочи, которые в виде углекислых соединений переходят в раствор. Одновременно происходит потеря некоторой части кремнезема. Остаток гидратизируется, и полевые шпаты превращаются в различные глинообразные соединения. Конечным продуктом этого превращения в условиях теплого и влажного климата является каолин $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Однако в условиях более холодного климата процесс каолинизации полевых шпатов никогда не доходит до конца.

В условиях очень жаркого климата процесс выветривания на этом не останавливается, а идет дальше. Каолин теряет свой кремнезем, превращаясь в латерит, т. е. в скопление гидроокисей алюминия и железа.

В кислых плагиоклазах выветривание идет в основном по пути образования слюд, которые в виде мелкочешуйчатого агрегата (серицит) местами полностью замещают полешпаты, давая вместе с другими продуктами выветривания также глинообразные массы.

Более основные, богатые кальцием плагиоклазы выветриваются значительно легче. Они замещаются глинистыми частицами, серицитом, часто альбитом, кальцитом и минералами эпидот-цоизитовой группы; в дальнейшем кальцит выщелачивается, альбит выветривается, остальные являются в обычных условиях выветривания весьма устойчивыми.

Слюды и хлориты относятся к химическому выветриванию довольно различно. Наименее устойчивы черные и бурые слюды (биотит и др.), которые весьма легко выветриваются, теряя щелочи, переходящие в раствор, и железо, выпадающее в виде лимонита, и превращаются в хлорит. Наоборот, хлорит и серицит являются весьма устойчивыми и обычно в заметных количествах присутствуют в продуктах выветривания.

Пироксены и амфиболы как минералы, богатые основаниями, выветриваются легко. Железо выделяется из них и накапливается в остаточных продуктах в виде лимонита.

Кальций переходит в углекислое соединение, временно может накапливаться, но в дальнейшем выщелачивается полностью. Магний частично выносится в виде углекислой соли, частично накапливается в продуктах выветривания вместе с алюминием в составе хлоритов или змеевика. При дальнейшем выветривании и он удаляется полностью в виде углекислой соли.

Оливин ($(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$) выветривается весьма легко. Железо выделяется, накапливаясь в виде лимонита. Часть магния выносится в виде углекислой соли, остаток гидратируется, превращаясь в змеевик $\text{H}_4\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_9$.

Остальные породообразующие минералы, являющиеся менее распространенными, выветриваются в общем по тем же принципам, что и разобранные выше. Щелочи, т. е. натрий и калий, удаляются весьма легко в виде углекислых солей; удаление натрия происходит значительно легче, так как часть калия может задерживаться в составе серицита, временно накапливающегося как промежуточный продукт выветривания. Весьма легко удаляется в виде двууглекислой соли и кальций, но в некоторых случаях и он образует промежуточные продукты выветривания в виде минералов эпидот-цоизитовой группы. Магний выносится заметно медленнее кальция, так как он более склонен давать промежуточные продукты выветривания в виде хлоритов, змеевика и талька, временно накапливающихся в элювии.

Железо весьма легко выделяется из состава содержащих его минералов, выщелачиваясь, повидимому, в виде углекислой соли, но благодаря легкой окисляемости последней столь же легко и выпадает из раствора в виде лимонита, не успев быть перемещенным сколько-нибудь далеко. Лимонит, являясь весьма мало подвижным, накапливается в остаточных продуктах.

Кремнезем при выветривании силикатов обычно выделяется из них в том или ином количестве и либо уносится растворами, либо выпадает из них в виде вторичного кремнезема, накапливаясь в остаточных продуктах выветривания. Удаление кремнезема из каолина происходит с весьма большой трудностью и возможно в сколько-нибудь заметных количествах лишь в условиях жаркого климата.

Алюминий из всех металлов, входящих в состав силикатов, является наименее подвижным. Он лишь в ничтожном количестве поступает в растворы, а в основном накапливается в остаточных продуктах выветривания. Когда выветривание проходит наиболее полно, т. е. доходит до стадии латеритов, в остаточных продуктах накапливаются только гидроксиды алюминия и железа и свободный кремнезем (кварц). Состав продуктов выветривания в любой момент зависит не только от первоначального состава породы, но и от того, в какой фазе находятся продукты выветривания, т. е. насколько далеко зашел этот процесс. Чем дальше он зашел, тем меньше сказывается первичный состав породы.

5. Выветривание горных пород

Горные породы подвергаются на земной поверхности совокупному воздействию физического и химического выветривания. В результате образуются весьма разнообразные продукты, обладающие различным как механическим, так и химическим составом. В первых стадиях выветривания, когда преобладает физическое выветривание и элювий представлен преимущественно грубообломочным материалом, характер его находится в полной зависимости от первичных свойств породы: состава, структуры, отдельности и пр. По мере измельчения его перестает сказываться влияние первичной отдельности, потом структуры и наконец, когда превалируют процессы химического выветривания, — и первичного состава.

Граниты при своем выветривании прежде всего распадаются по трещинам отдельности на весьма крупные глыбы, достигающие нескольких кубометров, а иногда и десятков кубометров в объеме. Это обычно наблюдается в условиях весьма интенсивного физического выветривания, например на больших высотах или когда в условиях сурового климата оказываются обнаженными ледниковой или эрозионной деятельностью большие поверхности коренных гранитов. Когда разрушение гранитов протекает менее быстро, в них успевают возникнуть дополнительные трещины, по которым они и разваливаются на значительно менее крупные угловатые валуны с объемом лишь в десятые и сотые доли кубометра. Эти валуны могут распадаться на еще более мелкие обломки всего лишь в несколько куб. дециметров в объеме. Но образование щебня, т. е. остроугольных обломков в несколько (до 10) сантиметров в поперечнике, для гранитов не характерно; обыкновенно более крупные глыбы их распадаются непосредственно в дресву.

Дресва (хрящ) представляет собой скопление мелких угловатых обломков примерно от 2 до 10—20 мм в поперечнике. В дресве обычно преобладают зерна отдельных минералов, входящих в состав гранита, т. е. кварца, полешпата и биотита. Кварц и полешпат, имеющие близкие коэффициенты расширения, часто еще находятся в срастании друг с другом, биотит же, имеющий резко отличный коэффициент расширения, обычно образует отдельные листочки. Крупность дресвы зависит главным образом от крупности зерна в граните.

Превращение гранита в дресву происходит обычно не путем постепенного измельчений его обломков, а с некоторым скачком: глыбы гранита, достигнув некоторой крупности, уже не распадаются на более мелкие обломки, а разрушаются непосредственно в дресву. Иногда так разрушаются весьма крупные глыбы гранита, в несколько кубометров в объеме. Образующаяся дресва покрывает их сверху сплошным слоем, на котором развивается растительный покров.

Гранитные глыбы, предохраняемые от дальнейшего интенсивного выветривания дресвой и растительным покровом, могут сохраняться так в течение весьма долгого срока.

Подобное сложение гранитного элювия весьма неблагоприятно для всякого рода технических работ: возведения построек, дорожного строительства, поисково-разведочных работ на рудные жилы и пр. Мощностью подобных россыпей гранитных глыб достигает, повидимому, многих метров. Большое развитие имеют участки подобного элювия в области Алдано-Тимптонского водораздела, в верховьях рр. Большого Нимгера, Тита, Леглиера и др., как вдоль тракта, так и по старой выючной тропе.

Обычно считают, что граниты, состоящие лишь из кварца и ортоклаза, выветриваются труднее других гранитов и при выветривании не распадаются в дресву. Граниты, содержащие, кроме того, биотит и плагиоклаз, выветриваются значительно легче, распадаясь при этом в дресву. Это безусловно справедливо в отношении химического выветривания, но разрушение в дресву зависит в значительной мере от структурных особенностей породы. Так, например, архейские аляскитовые граниты Алданского района в общем нелегко превращаются в дресву, если не представляют каких-либо структурных особенностей (крупнозернистость и пр.) или не находятся в особых условиях выветривания.

Наоборот, молодые гипабиссальные аляскитовые граниты Кольмского района совершенно не дают ни коренных выходов, ни глыбовых россыпей: их массивы покрыты сплошным слоем дресвы, среди которой в небольшом количестве присутствуют более крупные их куски. Это объясняется исключительно их структурными особенностями, так как здесь же развиты нормальные биотитовые граниты и биотитово-амфиболовые гранодиориты, богатые темными минералами и содержащие часто довольно основной легко выветривающийся плагиоклаз, в подавляющем большинстве случаев образуют глыбовые россыпи и лишь в единичных случаях — дресвяный покров.

При дальнейшем измельчении слагающих дресву минералов образуются аркозовые пески, состоящие в основном из кварца и полешпата. В этой стадии измельчения уже в заметной степени начинает сказываться химическое выветривание. Биотит разлагается, окрашивая пески в желтый цвет выделяющейся гидроокисью железа; полевые шпаты разрушаются, давая начало глинам, и в конечном итоге — каолину. Дальнейшее измельчение материала всецело связано с его химическим выветриванием, а кварцевые пески сохраняются неопределенно долгое время, не будучи подверженными ни физическому, ни химическому выветриванию. Конечными продуктами выветривания являются кварцевый песок и глина.

В условиях теплого и влажного климата химическое выветривание гранитов совершается интенсивно и в более ранних стадиях измельчения, и последнее в значительной мере обусловлено именно химическим выветриванием.

Гранодиориты, сиениты, нефелиновые сиениты выветриваются в общем в том же порядке, что и граниты, с той лишь разницей, что в начале выветривания обычно не образуют столь крупных глыб. Гипабиссальные сиениты и сиенит-порфиры Алданского района при выветривании часто образуют щебень, что не характерно для гранитов. Нефелиновые сиениты выветриваются значительно легче, так как нефелин является гораздо менее устойчивым минералом не только, чем кварц, но и чем полешпаты. Конечные продукты выветривания те же, что и для гранитов, но с меньшим количеством или при отсутствии кварцевого песка.

Химическое выветривание гнейсов, гранито-гнейсов и пр. совершается так же, как и гранитов. Физическое выветривание протекает легче благодаря наличию в гнейсах плоскостей слоистости, богатых слюдой. По этим плоскостям происходит легкое расщепление гнейсов на отдельные глыбы и тонкие плитки.

Еще легче выветриваются сланцы слюдяные, хлоритовые, тальковые и др.

Диориты, габбро, амфиболиты, состоящие из богатого кальцием плагиоклаза и цветных минералов, выветриваются значительно легче гранитов. Физическое выветривание облегчается их темным цветом, который делает колебания температуры более резкими. В химическом отношении слагающие их минералы значительно менее устойчивы, чем минералы гранитов. Глыбовые россыпи этих пород довольно быстро покрываются землистыми продуктами выветривания. Среди последних заметную роль играют разнообразные промежуточные продукты выветривания и гидроокись железа, которая становится преобладающей в конечной стадии выветривания.

Перидотиты, дуниты выветриваются еще легче, благодаря большой неустойчивости главного их минерала—оливина. Иногда превращение перидотитов в змеевик распространяется до глубины нескольких десятков метров от поверхности без сколько-нибудь заметных признаков физического выветривания породы. При меньшей интенсивности химического или, наоборот,— большей физического выветривания последнему может подвергаться и не превращенный в змеевик перидотит. Глыбы перидотита обычно покрыты толстой бурой сильно железистой коркой выветривания. По мере измельчения перидотит быстро превращается в змеевик, и продуктом выветривания обычно является сильно железистый бурый суглинок с той или иной примесью мелких обломков змеевика. При выветривании дунита сюда присоединяется значительное количество зерен хромита, с большим трудом поддающегося химическому изменению.

Липариты, дациты, трахиты, фонолиты выветриваются химически так же, как соответствующие им по составу глубинные породы. Физическое выветривание представляет некоторые отличия, обусловленные структурой и характером отдельности этих пород. В начале выветривания они обычно не дают столь крупных глыб, как граниты. Большинство из них обладает более частыми трещинами отдельности, чем граниты, и потому сравнительно легко распадается на более мелкие глыбы вплоть до щебня. Часто и щебень постепенно совершенно измельчается до крупности дресвы, которая отличается от гранитной дресвы тем, что состоит не из зерен отдельных минералов, а из мелких кусочков пород.

Заметные особенности в своем выветривании представляют некоторые фонолиты и витрофиры. Фонолиты и близкие к ним по составу породы (тингуаиты и др.) часто изобилуют длинными и тонкими иглочками эгирина, пропятивающими в виде сплошного «войлока» всю массу породы и крепко связывающими зерна отдельных минералов друг с другом. Благодаря такому сложению порода является весьма вязкой и лишь с трудом образует как первичные трещины отдельности, так и вторичные трещины выветривания. Это отсутствие трещин является причиной того, что глыбы фонолита издают при ударе очень чистый металлический звук, откуда порода и получила свое название. Прекрасным примером очень звонких фонолитов могут служить фонолиты Алданского района (кл. Дикий, бассейн р. Якокут).

Некоторые кислые породы, обладающие витрофировой (стекловатой) структурой, также весьма стойки по отношению к выветриванию. Возможно, это объясняется их весьма однородным физическим составом, довольно большой химической устойчивостью, а также, может быть, той закалкой, которую они получили при быстром остывании. Дайки липаритовых и дацитовых пехштейнов, развитые в области Охотско-Колымского водораздела, почти не подвержены выветриванию. Среди весьма крепких липаритовых туфов они выдаются в виде отвесных стен до 15 м высоту при ширине всего лишь в несколько метров. Те глы-

бы их, которые отделяются от этих стен и попадают в осыпь, остаются лежать там без сколько-нибудь заметных признаков физического и химического выветривания. Это самые устойчивые породы, которые мне приходилось наблюдать.

Андезиты, базальты, диабазы в отношении химического выветривания являются значительно менее устойчивыми, чем кислые эффузивы. Слагающие их основные плагиоклазы и темные минералы выветриваются значительно легче минералов кислых пород. В результате выветривания образуется сильно железистый землистый элювий красно-бурого цвета, весьма благоприятный для развития растительного покрова, отчасти благодаря своему составу, отчасти благодаря темному цвету и сильному нагреванию солнцем.

В области Охотско-Колымского водораздела граница древесной растительности на андезито-базальтах достигает 1200 м вместо обычных для района 1050—1100 м.

Физическое выветривание этих пород в сильной мере зависит от условий их остывания при образовании, т. е. от структуры и отдельности. Породы с зернистой структурой выветриваются легче: те, в которых наблюдаются взаимные прорастания минералов или присутствуют сильно вытянутые, беспорядочно расположенные кристаллы, являются более вязкими и растрескиваются значительно труднее. Таковы некоторые диабазы. Особенно вязкими являются диабазы и базальты с шаровой отдельностью. При этом неправильные скорлупы, разделяющие отдельные шары друг от друга, выветриваются довольно легко, но сами шары являются исключительно вязкими и с большим трудом поддаются физическому выветриванию. Возможно, в этом сказывается влияние закалки, полученной породой при остывании.

Туфы различных эффузивов по своему отношению к выветриванию представляют наибольшее разнообразие не только в зависимости от петрографического состава, но и в зависимости от условий их образования и последующих изменений. Туфы, не подвергшиеся диагенетическим процессам или испытавшие их лишь в слабой степени, являются мягкими и более или менее рыхлыми. Поэтому они легко выветриваются физически и химически. Большая пористость способствует пропитыванию их водою, производящей химическое изменение. Некоторые кислые туфы Охотско-Колымского водораздела, приближающиеся к траппам, чрезвычайно легко гидратизируются, образуя полужидкую студенистую массу, стекающую отдельными потоками по склонам возвышенностей.

Некоторые туфы, хотя и подвергшиеся диагенетическим процессам, но не дислоцированные, обладают многочисленными крупными порами. Такая пористость, наоборот, делает породу более устойчивой по отношению к выветриванию. При дислокации туфов они значительно уплотняются, пористость их сильно уменьшается, и дислоцированные туфы по своему отношению к выветриванию приближаются к соответствующим эффузивам. В некоторых случаях они даже устойчивее последних: в то время как эффузивы часто богаты трещинами отдельности, образовавшимися как при остывании породы, так и при последующих дислокациях, в туфах значительная часть тектонических напряжений разрешается путем их уплотнения и отчасти молекулярных перегруппировок, без образования трещин отдельности. Подобные туфы обычно весьма устойчивы. Таковы, например, дислоцированные триасовые туфы андезитов и кератофиров в Колымском районе.

Иногда и недислоцированные туфы оказываются весьма устойчивыми. Таковы витрокластические липаритовые туфы Охотско-Колымского водораздела. Своей крепостью они обязаны характеру диагенетических процессов, спаявших отдельные обломки стекла в монолитную, весьма

крепкую породу. Эти процессы, повидимому, протекают успешнее в стекловатом материале и при отложении его в водных бассейнах, а не в наземных условиях.

Осадочные породы выветриваются физически в общем легче магматических; для отдельных пород не исключаются обратные соотношения. Их устойчивость в значительной мере зависит от характера слоистости и кливажа. Чем тоньше слоистость и сильнее развит кливаж, тем порода выветривается легче; толстослоистые породы выветриваются труднее. Отношение осадочных пород к химическому выветриванию весьма различно. С одной стороны, мы имеем здесь такие сравнительно инертные породы, как глинистые сланцы и песчаники, образовавшиеся в свое время из продуктов выветривания других, более древних пород. С другой стороны, здесь имеются известняки, чрезвычайно легко поддающиеся химическому выветриванию.

Песчаники, конгломераты, граувакки распадаются сначала на отдельные более или менее крупные глыбы, а потом, благодаря постепенному разрушению цемента, на слагающие их песок и гальки. Устойчивость песчаников в значительной мере зависит от степени их диagenеза и характера цемента. Некоторые слабо дислоцированные песчаники являются довольно рыхлыми и легко выветриваются, рассыпаясь в песок и не давая сколько-нибудь крупных глыб. От них мы имеем все переходы до весьма крепких песчаников, приближающихся по своей устойчивости к магматическим породам и образующих при выветривании весьма крупные глыбы и с большим трудом — мелкий материал. Наконец, кварциты представляют одну из наиболее устойчивых пород, превосходящую в этом отношении большинство пород магматических.

Конечным продуктом выветривания песчаников является песок, а конгломератов — песчанистый галечник, который в свою очередь может подвергаться дальнейшему выветриванию в соответствии с характером гальки. Примесь в продуктах выветривания глинистого материала, слюд и хлоритов, окислов железа и пр. может сильно варьировать в зависимости от состава песчаников и характера цемента.

Глинистые сланцы, весьма инертные по отношению к химическому выветриванию, в то же время весьма легко поддаются выветриванию физическому. Химическое выветривание сланцев заметно проявляется лишь в тех случаях, когда они сильно пиритизированы. Образующаяся при окислении пирита серная кислота при продолжительном воздействии на сланцы разлагает их в вязкую глинистую массу, выщелачивая из них часть оснований, главным образом калий и алюминий. Эти растворы, попадая в дальнейшем на скалистую поверхность сланцев и стекая по ней, испаряются и выделяют заключенные в них соли. Поэтому коренные выходы пиритизированных сланцев обычно бывают покрыты белыми, желтыми, зеленоватыми выцветами вторичных сульфатов — галотрихита, урузита, ярозита и др.

При физическом выветривании глинистые сланцы обычно распадаются на плитки, реже на неправильно многогранную щебенку. Сланцы с сильно развитым кливажем часто дают очень длинную и тонкую, брусковидную или карандашевидную щебенку. Отдельные куски ее часто имеют в длину несколько дециметров при поперечном сечении не более 2—3 см². Подобная щебенка глинистых сланцев весьма характерна, например, для Аллах-Юнского района.

При очень быстром физическом выветривании (например, на крутых склонах, при разрушении скал, созданных эрозийной деятельностью, и пр.) глинистые сланцы могут давать не только сравнительно мелкую щебенку, но и весьма крупные глыбы, которые, впрочем, довольно быстро разрушаются в щебенку. Сланцевая щебенка тоже довольно легко из-

мельчается. Конечным продуктом выветривания глинистых сланцев является мелкий пелитовый материал, почти не подвергшийся химическому изменению, то, что в приисковой практике называется илами. Обычно эти ила содержат в себе то или иное количество неразмельченной сланцевой щебенки. В отличие от глины они совершенно не обладают свойством пластичности.

Известняки, мергели, доломиты являются породами, весьма легко поддающимися химическому выветриванию путем растворения. Растворимость карбонатных пород в значительной мере зависит от их строения и содержащихся в них примесей. Легче всего растворяются тонкозернистые чистые известняки, примесь глинистого или песчаного материала сильно понижает растворимость. Некоторые сильно кремнистые известняки подвергаются растворению с трудом. Легкое растворение карбонатов обусловлено содержанием в циркулирующих водах свободной углекислоты, в присутствии которой образуются двууглекислые соединения, во много раз легче растворяющиеся, чем простые карбонаты. При удалении из растворов углекислоты бикарбонаты распадаются, и избыток карбонатов выделяется из раствора.

Растворение идет вдоль путей циркуляции воды, т. е. с поверхности известняков и вдоль разбивающих их трещин. Растворение вдоль трещин способствует распадению известняка на отдельные глыбы и более мелкие обломки. Если физическое выветривание известняков идет интенсивно (например, на крутых склонах) и в элювий поступает значительное количество обломочного известнякового материала, то растворяющее действие воды сказывается главным образом на нем. Доходя через слой элювия до поверхности коренных известняков, вода оказывается уже насыщенной бикарбонатом кальция и не может оказывать на них растворяющее действие. Иногда физическое выветривание известняков заходит так далеко, что обломочный известняковый элювий, прежде чем раствориться, успевает превратиться в известняковый песок.

Содержащиеся в известняках примеси при растворении известняков скапливаются в элювии. Обычно это желтая или красно-бурая, довольно пластичная глина. При преобладании химического выветривания известняков над физическим эта глина слагает главную массу элювия, и лишь в нижних слоях его встречаются обломки известняков. При преобладании физического выветривания элювий сложен преимущественно обломками известняков различной крупности (вплоть до песка) с подчиненным количеством остаточных продуктов выщелачивания. При весьма интенсивном физическом выветривании (например, при разрушении скалистых выходов) некоторые крепкие толстослоистые известняки могут давать очень крупные глыбы, до 1 м³ и более в объеме. Обычно же для известняков характерен гораздо более мелкий обломочный материал.

Роговики, представляющие продукт изменения глинистых сланцев под влиянием контактового метаморфизма, являются по сравнению с сланцами значительно более устойчивыми по отношению к физическому выветриванию и менее устойчивыми по отношению к химическому. Большая их физическая устойчивость объясняется тем, что они в значительной мере перекристаллизованы, благодаря чему связи между отдельными зернами в них гораздо крепче, чем в сланцах. Слагающие их минералы также крепче и тверже, чем материал сланцев. Наконец, в процессе перекристаллизации уничтожается значительная часть плоскостей слоистости и сланцеватости, благодаря чему роговики представляют гораздо более массивную породу, чем сланцы. В них сохраняется лишь некоторая часть первоначальных трещин слоистости и отдельности, а также трещины, возникающие в них при остывании.

Химически они менее устойчивы, так как минералы, возникающие в них при контактовом метаморфизме, не приспособлены к условиям земной поверхности и довольно легко выветриваются, в то время как материал глинистых сланцев почти не подвержен химическому выветриванию. Часто химическое выветривание роговиков облегчается тем, что при метаморфизме в них образуются железные сульфиды, главным образом пирротин, легко окисляющийся и дающий при этом серную кислоту.

Изменение самих роговиков сводится к превращению андалузита в слюду, разложению железистых минералов (биотит, кордиерит) с освобождением гидроокиси железа, а также разложению полешпатов, если таковые в роговиках присутствуют. Осыпи роговиков часто окрашены в ржаво-красный цвет выделяющейся при выветривании гидроокисью железа.

В продуктах выветривания роговиков преобладает каменистый обломочный материал той или иной крупности. Эта крупность зависит в основном от трещиноватости роговиков. В одних случаях мы имеем весьма крупные глыбы, в других, наоборот, мелкую щебенку. Землистые продукты выветривания для роговиков менее характерны и содержатся в их элювии в подчиненном количестве.

Рудные жилы по своему отношению к выветриванию представляют большое разнообразие в зависимости от своего сложения и минералогического состава. Чем богаче рудная жила сульфидами, карбонатами и другими неустойчивыми минералами, тем легче она выветривается. Пустоты, образующиеся при выщелачивании этих минералов, содействуют ее физическому разрушению. Если жила очень богата пиритом, то на выходе ее на поверхность может образоваться скопление бурого железняка, весьма устойчивого и химически и физически (если он не является охристым), который и будет предохранять жилу от дальнейшего физического выветривания.

Устойчивость жил, бедных сульфидами (что часто бывает в золоторудных месторождениях), зависит в основном от сложения кварца. Кварц сильно перемятый или гребенчатого, пластинчатого и т. д. сложения довольно легко распадается в кварцевую дресву или песок, не давая в элювии сколько-нибудь крупных глыб. Наоборот, зернистый слитной кварц выветривается физически весьма трудно, давая обычно крупные глыбы и значительно меньше мелкого материала. В условиях быстрого физического выветривания глыбы подобного кварца в элювии достигают иногда внушительных размеров. Так, например, в Алла-Х-Юнском районе не редкость глыбы кварца размером $1 \times 1,5 \times 1,5$ м, а иногда они даже достигают размеров $2 \times 6 \times 6$ м.

Элювий рудных жил обычно представляет сильно железистую охристую массу, включающую обломки и дресву кварца и других устойчивых минералов, а также окисленные и частично не успевшие окислиться рудные минералы. Крупность и количественные соотношения всех этих составных частей зависят от сложения и состава жилы и условий выветривания.

6. Строение и жизнь элювия

Несмотря на громадное разнообразие тех элювиальных продуктов, которые образуются в результате выветривания различных горных пород, в строении элювия всегда можно подметить определенные закономерные черты.

Физическое выветривание наиболее интенсивно проявляется на земной поверхности. С углублением в толщу элювия действие его ослабевает и наконец на некоторой глубине почти прекращается. Здесь корен-

ные породы предохраняются от резких колебаний температуры, замерзания воды, действия древесных корней и пр. мощным слоем элювия и могут не испытывать физического разрушения в течение длительного срока.

Таким образом, верхние слои элювия подвержены воздействию физического выветривания значительно сильнее. Этим объясняется то, что при нормальном строении элювия верхние его слои представляют более совершенно измельченный материал. По мере углубления материал становится более грубым, и самый нижний слой элювия обычно представляет куски коренных пород, хотя и совершенно отделившиеся от последних по многочисленным трещинам, но все еще залегающие *in situ*. Глубже идут уже коренные породы, лишь разбитые многочисленными трещинами, причем с глубиной трещиноватость уменьшается.

Таким образом, элювий обычно является несовершенным слоистым. Отдельные его слои большею частью не имеют резких границ и постепенно переходят друг в друга. Выделение отдельных слоев может быть произведено на основании количественного соотношения мелкого и крупного материала и степени измельчения. Часто даже граница элювия и коренных пород может быть проведена лишь весьма условно: иногда слои в несколько дециметров и даже метров мощностью может считаться как верхней, сильно трещиноватой частью коренных пород, так и залегающим *in situ* элювием. Если породы трудно поддаются физическому выветриванию, то граница между ними и элювием обычно резкая.

Примерно той же закономерности подчинено и химическое изменение элювия. Вода, являющаяся главнейшим его агентом, имеет в общем нисходящее движение. В верхних слоях элювия она является наиболее активной и обуславливает наиболее сильное химическое изменение обломочного материала, который к тому же является здесь наилучше измельченным. Проникая в более глубокие слои элювия и реагируя с ним, вода постепенно теряет свою химическую активность, т. е. лишается кислорода и уголекислоты, насыщается выщелачиваемыми ею соединениями и может производить лишь гидратизирующее действие. Поэтому глубокие слои элювия химически менее изменены, нежели поверхностные.

По степени химического изменения элювий также может быть разбит на отдельные слои, постепенно переходящие друг в друга. В общем случае эти слои не соответствуют степени измельчения материала: иногда совершенно измельченный материал может быть мало измененным химически, иногда же, наоборот, коренная порода бывает изменена на большую глубину. Отдельные слои тем резче обособляются друг от друга, чем легче в данных условиях выветривается порода; в породах химически устойчивых вода, проникая даже через весьма мощный слой элювия, остается достаточно активной, и изменения, вызываемые ею в верхах и низах элювия, не разнятся заметно друг от друга.

Элювий сохраняет свою несовершенную слоистость в том случае, если он залегают на горизонтальной или почти горизонтальной поверхности и если в нем не происходит больших внутренних перемещений. В противном случае его слоистость может заметно нарушаться, а иногда даже наблюдаются соотношения, обратные тем, которые указаны выше, — верхний слой элювия бывает сложен наиболее грубым материалом, а нижние слои — более мелким.

Процессы, связанные с перемещением элювия под влиянием силы тяжести вниз по склонам возвышенностей, мы рассмотрим в следующей главе. Сейчас же остановимся на тех процессах, которые протекают в элювии, даже залегающем на месте. Все эти процессы могут быть разбиты на две группы: в одну входят процессы, уменьшающие массу элювия,

Химически они менее устойчивы, так как минералы, возникающие в них при контактовом метаморфизме, не приспособлены к условиям земной поверхности и довольно легко выветриваются, в то время как материал глинистых сланцев почти не подвержен химическому выветриванию. Часто химическое выветривание роговиков облегчается тем, что при метаморфизме в них образуются железные сульфиды, главным образом пирротин, легко окисляющийся и дающий при этом серную кислоту.

Изменение самих роговиков сводится к превращению андалузита в слюду, разложению железистых минералов (биотит, кордиерит) с освобождением гидроокиси железа, а также разложению полешпатов, если таковые в роговиках присутствуют. Осыпи роговиков часто окрашены в ржаво-красный цвет выделяющейся при выветривании гидроокисью железа.

В продуктах выветривания роговиков преобладает каменистый обломочный материал той или иной крупности. Эта крупность зависит в основном от трещиноватости роговиков. В одних случаях мы имеем весьма крупные глыбы, в других, наоборот, мелкую щебенку. Землистые продукты выветривания для роговиков менее характерны и содержатся в их элювии в подчиненном количестве.

Рудные жилы по своему отношению к выветриванию представляют большое разнообразие в зависимости от своего сложения и минералогического состава. Чем богаче рудная жила сульфидами, карбонатами и другими неустойчивыми минералами, тем легче она выветривается. Пустоты, образующиеся при выщелачивании этих минералов, содействуют ее физическому разрушению. Если жила очень богата пиритом, то на выходе ее на поверхность может образоваться скопление бурого железняка, весьма устойчивого и химически и физически (если он не является окристым), который и будет предохранять жилу от дальнейшего физического выветривания.

Устойчивость жил, бедных сульфидами (что часто бывает в золото-рудных месторождениях), зависит в основном от сложения кварца. Кварц сильно перематый или гребенчатого, пластинчатого и т. д. сложения довольно легко распадается в кварцевую дресву или песок, не давая в элювии сколько-нибудь крупных глыб. Наоборот, зернистый слитной кварц выветривается физически весьма трудно, давая обычно крупные глыбы и значительно меньше мелкого материала. В условиях быстрого физического выветривания глыбы подобного кварца в элювии достигают иногда внушительных размеров. Так, например, в Аллаш-Юнском районе не редкость глыбы кварца размером $1 \times 1,5 \times 1,5$ м, а иногда они даже достигают размеров $2 \times 6 \times 6$ м.

Элювий рудных жил обычно представляет сильно железистую окристую массу, включающую обломки и дресву кварца и других устойчивых минералов, а также окисленные и частично не успевшие окислиться рудные минералы. Крупность и количественные соотношения всех этих составных частей зависят от сложения и состава жилы и условий выветривания.

6. Строение и жизнь элювия

Несмотря на громадное разнообразие тех элювиальных продуктов, которые образуются в результате выветривания различных горных пород, в строении элювия всегда можно подметить определенные закономерные черты.

Физическое выветривание наиболее интенсивно проявляется на земной поверхности. С углублением в толщу элювия действие его ослабевает и наконец на некоторой глубине почти прекращается. Здесь корен-

ные породы предохраняются от резких колебаний температуры, заморозания воды, действия древесных корней и пр. мощным слоем элювия и могут не испытывать физического разрушения в течение длительного срока.

Таким образом, верхние слои элювия подвержены воздействию физического выветривания значительно сильнее. Этим объясняется то, что при нормальном строении элювия верхние его слои представляют более совершенно измельченный материал. По мере углубления материал становится более грубым, и самый нижний слой элювия обычно представляет куски коренных пород, хотя и совершенно отделившиеся от последних по многочисленным трещинам, но все еще залегающие *in situ*. Глубже идут уже коренные породы, лишь разбитые многочисленными трещинами, причем с глубиной трещиноватость уменьшается.

Таким образом, элювий обычно является несовершенным слоистым. Отдельные его слои большей частью не имеют резких границ и постепенно переходят друг в друга. Выделение отдельных слоев может быть произведено на основании количественного соотношения мелкого и крупного материала и степени измельчения. Часто даже граница элювия и коренных пород может быть проведена лишь весьма условно: иногда слои в несколько дециметров и даже метров мощностью может считаться как верхней, сильно трещиноватой частью коренных пород, так и залегающим *in situ* элювием. Если породы трудно поддаются физическому выветриванию, то граница между ними и элювием обычно резкая.

Примерно той же закономерности подчинено и химическое изменение элювия. Вода, являющаяся главным его агентом, имеет в общем нисходящее движение. В верхних слоях элювия она является наиболее активной и обуславливает наиболее сильное химическое изменение обломочного материала, который к тому же является здесь наилучше измельченным. Проникая в более глубокие слои элювия и реагируя с ним, вода постепенно теряет свою химическую активность, т. е. лишается кислорода и углекислоты, насыщается выщелачиваемыми ею соединениями и может производить лишь гидратирующее действие. Поэтому глубокие слои элювия химически менее изменены, нежели поверхностные.

По степени химического изменения элювий также может быть разбит на отдельные слои, постепенно переходящие друг в друга. В общем случае эти слои не соответствуют степени измельчения материала: иногда совершенно измельченный материал может быть мало изменен химически, иногда же, наоборот, коренная порода бывает изменена на большую глубину. Отдельные слои тем резче обособляются друг от друга, чем легче в данных условиях выветривается порода; в породах химически устойчивых вода, проникая даже через весьма мощный слой элювия, остается достаточно активной, и изменения, вызываемые ею в верхах и низах элювия, не разнятся заметно друг от друга.

Элювий сохраняет свою несовершенную слоистость в том случае, если он залегает на горизонтальной или почти горизонтальной поверхности и если в нем не происходит больших внутренних перемещений. В противном случае его слоистость может заметно парусаться, а иногда даже наблюдаться соотношения, обратные тем, которые указаны выше, — верхний слой элювия бывает сложен наиболее грубым материалом, а нижние слои — более мелким.

Процессы, связанные с перемещением элювия под влиянием силы тяжести вниз по склонам возвышенностей, мы рассмотрим в следующей главе. Сейчас же остановимся на тех процессах, которые протекают в элювии, даже залегающем на месте. Все эти процессы могут быть разбиты на две группы: в одну входят процессы, уменьшающие массу элювия,

в другую — вызывающие в нем внутренние перемещения без уменьшения массы.

Общая масса элювия может уменьшаться тремя процессами: выщелачиванием, вымыванием и выдуванием. На процессах выщелачивания мы уже останавливались; сейчас можно добавить лишь, что они идут более интенсивно в верхних слоях элювия, где вода обладает большей растворяющей способностью. Но если в верхних слоях элювия легко растворимые соединения выщелочены полностью, то процесс протекает интенсивно и в более глубоких его слоях. Так, например, в некоторых местах верхний слой элювия известняков и мергелей представляет песчаноглинистую массу, совершенно лишенную карбоната кальция; выщелачивание последнего протекает лишь в более глубоких горизонтах элювия.

Вымывание мелкого материала может иметь место как на поверхности (смывание), так и на некоторой глубине. Подвергаются вымыванию наиболее мелкие и легкие частицы элювия. На поверхности этот процесс идет более энергично. Здесь мелкие струйки дождевой и снеговой воды сбегает даже по совершенно ничтожному уклону поверхности, увлекая с собой мелкие минеральные частицы. При более значительном уклоне поверхности общий эффект от смыывания может быть весьма велик. С другой стороны, и вода, стекающая внутри элювия по поверхности коренных пород, почвенной мерзлоте или иному водоупорному слою, может также увлекать с собою мелкие частицы элювия, но эффект этого процесса значительно меньше, чем поверхностного смыывания.

Выдувание мелких частиц из верхних слоев элювия обычно имеет место только в условиях сухого климата и значительных ветров. Общий эффект этого процесса может быть весьма большим и приводит к сильному уменьшению массы элювия. В условиях наших золотоносных районов процесс выдувания не имеет большого значения благодаря развитию растительного покрова и обычно влажному состоянию элювия. Но все же в некоторых районах с небольшим количеством осадков он имеет место.

Все эти процессы, уменьшая общую массу элювия и увеличивая его пористость, ведут к постепенному, но неравномерному его оседанию. Толщина защитного слоя элювия на поверхности коренных пород уменьшается, и выветривание глубже проникает в толщу последних. Элювий вновь увеличивает свою мощность за счет коренных пород путем образования новых, самых нижних своих слоев. В действительности оба эти процесса, убыль массы элювия и образование новых его слоев, идут не скачками, а совершенно постепенно, находясь постоянно в состоянии динамического равновесия друг с другом.

Таким образом, самые нижние слои элювия по времени своего образования являются наиболее молодыми, самые верхние — наиболее старыми. Значительно большая физическая и химическая изменчивость верхних слоев элювия объясняется поэтому не только тем, что процессы выветривания активнее всего на поверхности, но и возрастом различных слоев элювия.

Самые верхние слои элювия, помимо обычного физического и химического выветривания, под влиянием растительного покрова, дают начало почвенному слою. Процесс почвообразования обычно сопровождается образованием в верхних слоях элювия целого ряда коллоидных соединений и накоплением органических веществ (гумуса), благодаря чему почвы очень сильно разнятся от того элювия, из которого они образовались. Более глубокие слои элювия также испытывают при процессах почвообразования некоторые изменения.

Нормальная слоистость элювия наблюдается далеко не всегда. При сокращении его объема и последующем оседании более мелкие частицы

являются более подвижными, чем крупный каменистый материал, которым верхние слои элювия постепенно и обогащаются. Кроме того, выдувание и вымывание мелких частиц, будучи сосредоточено преимущественно в верхних слоях элювия, еще более увеличивает обогащение их каменистым материалом. Поэтому иногда, вопреки нормальной слоистости элювия, верхние его слои бывают более богаты каменистым материалом, чем глубже лежащие; иногда они даже состоят только из одного каменистого матерпала без более мелких частиц, представляя элювиальные россыпи каменных глыб или щебня.

Освобождению верхних слоев элювия от мелкого матерпала способствуют и колебания температуры, при которых каменные глыбы, изменяясь в объеме, испытывают взаимные перемещения; при этом более мелкий матерпал проваливается в промежутки между ними.

Часто россыпи каменных глыб образуются непосредственно от разрушения коренных выходов. В условиях субполярного климата физическое выветривание пород протекает настолько интенсивно, что коренные выходы даже весьма стойких пород не могут ему долго сопротивляться и быстро превращаются в скопление каменных глыб. Под влиянием колебаний температуры и связанных с ними взаимных перемещений глыбы, направляемые силой тяжести, стремятся занять наивысшее положение, т. е. образовать горизонтальную поверхность, и постепенно располагаются в разные стороны, часто сравнивая значительные неровности рельефа и перекрывая слой мелкого элювия. В наших северных золотоносных районах подобные россыпи каменных глыб представляют обычное явление.

Чем устойчивее порода, тем легче она образует в условиях субполярного выветривания каменные россыпи; мало устойчивые породы очень легко рассыпаются на более мелкий материал. Для образования каменных россыпей совершенно не обязателен крутой уклон, как думают некоторые; они могут образоваться при любом уклоне местности, даже на горизонтальной поверхности, сами в значительной мере сглаживая ее неровности.

Подобные россыпи в дальнейшем сами подвергаются физическому выветриванию и дают значительное количество мелкого материала, которым они даже могут быть совершенно погребены. Необходимым условием для этого является малая подвижность элювия и прежде всего расположение его на горизонтальной поверхности, а не на склоне. Особенно склонны к самопогребению мощные россыпи очень крупных глыб. Мелкий матерпал, образующийся от выветривания верхнего их слоя, просыпается вглубь и погребает нижележащие глыбы. Когда все промежутки между ними заполнены, начинается накопление мелкого материала поверх каменной россыпи, приводящее к полному ее погребению. Таким путем могут возникать на первый взгляд непонятные прослои очень крупных глыб между двумя слоями мелкого элювия.

Своеобразные внутренние перемещения возникают в глинистом или иловатом элювии при развитии почвенной мерзлоты. При летнем оттаивании верхних его слоев в них возникают конвекционные токи, приводящие к образованию полигональных почв с развитием каменных многоугольников. Оттаявший элювий испытывает восходящее движение в центре многоугольников, на поверхности растекается от центра к периферии, где вновь погружается на глубину. Благодаря этому непрерывному движению происходит постоянное его перемешивание до глубины летнего оттаивания.

Со всеми этими особенностями элювия приходится сталкиваться и весьма серьезно считаться при поисках коренных месторождений золота и платины, скрытых сплошным покровом элювия. Понимание стро-

ения элювия и происходящих в нем процессов во многих случаях может очень сильно облегчать задачу рудных поисков.

7. Элювиальные россыпи золота и платины

Элювиальные россыпи золота и платины представляют непосредственный продукт физического и химического выветривания коренных месторождений. Отсюда вытекают их основные отличительные свойства.

1. Элювиальные россыпи залегают на выходе коренного месторождения на поверхность, непосредственно на его верхней полуразрушенной части.

2. По своим контурам элювиальные россыпи повторяют в общих чертах контуры выхода коренного месторождения на поверхность, отличаясь от них лишь в деталях.

3. Содержание и распределение металла в элювиальной россыпи с известным приближением соответствует содержанию и распределению его в коренном месторождении.

4. По своему характеру металл элювиальной россыпи является совершенно неокатанным — угловатым, кристаллическим, ветвистым, крошковатым и т. д.

5. По литологическому составу элювиальная россыпь является сравнительно однородной, представляя измельченный и несколько химически измененный материал верхних горизонтов коренного месторождения. Более крупный материал угловатый, неокатанный.

Эти типичные признаки элювиальная россыпь сохраняет только в том случае, если она залегает в общем на горизонтальной поверхности. При залегании на склоне она перемещается силой тяжести вниз и превращается в делювиальную россыпь, которая уже значительно отличается своим характером. Делювиальные россыпи будут рассмотрены в следующей главе.

Но даже залегая на горизонтальной поверхности, элювиальная россыпь может в некоторых частностях отклоняться от вышеуказанных признаков. Эти отклонения обусловлены перемещением материала внутри элювия, которое приводит к некоторому перемешиванию этого материала. В тех случаях, когда материал вмещающих пород не разнится от материала коренного месторождения, в элювиальной россыпи не возникает неоднородности состава. Это, например, имеет место во многих платиновых месторождениях, представляющих обогащенные платиной и хромитом участки дунитов. Даже при самом совершенном перемешивании элювиального материала здесь в элювиальной россыпи не возникает неоднородности состава.

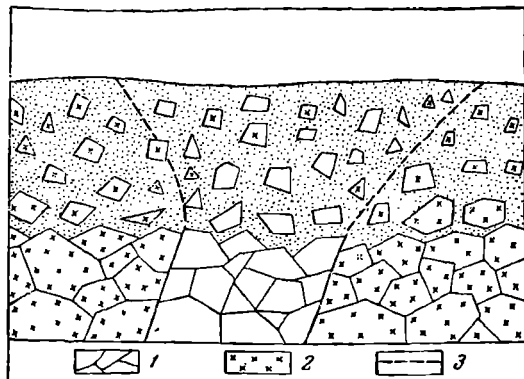
Состав золоторудных месторождений обычно резко разнится от состава вмещающих пород. Элювий рудной жилы вдоль границы соприкосновения с элювием вмещающих пород перемешивается с ним, образуя участки смешанного элювия. С одной стороны, элювий вмещающих пород проникает в элювий жилы, нарушая тем самым однородность обломочного материала элювиальной россыпи. Если рудная жила залегает вдоль границы двух пород, то неоднородность материала еще более увеличивается, так как к нему примешивается элювий и той и другой породы. С другой стороны, и элювий жилы проникает в элювий вмещающих пород, еще более увеличивая неоднородность состава и расширяя контуры россыпи.

Чем подвижнее элювий, тем совершеннее происходит перемешивание. При этом в нижних частях элювия, являющихся наиболее молодыми, перемешивание только начинается; в верхних частях, являющихся более старыми, оно зашло наиболее далеко. Поэтому, чем мощнее элювий,

тем дальше в стороны в верхних его слоях может распространиться элювиальный металл, т. е. тем больше контуры элювиальной россыпи могут разлиться от контуров выхода коренного месторождения.

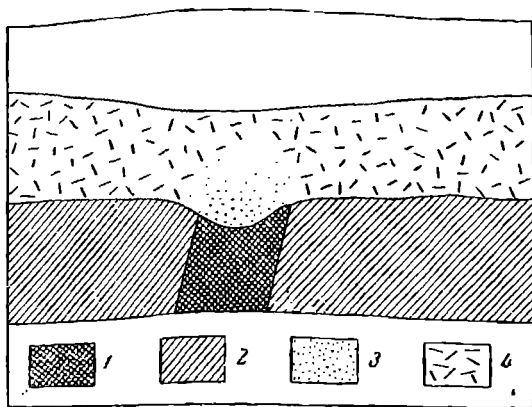
При развитии в элювии процессов перемешивания элювиальная россыпь имеет в поперечном сечении форму трапеции, широкое основание которой расположено на поверхности, а узкое — на границе элювия и коренных пород (фиг. 12). Содержание металла совершенно ничтожно на концах широкого основания и постепенно увеличивается к его середине, где достигает максимума. В тех элювиальных россыпях, где перемешивание матерпала происходит интенсивно, ширина россыпи по верху может быть во много раз больше ширины ее внизу.

Форма элювиальной россыпи в поперечном сечении может весьма сильно зависеть от разницы в характере элювия рудной жилы и элювия вмещающих пород. Если рудная жила менее устойчива, чем боковые породы, и ее элювий убывает скорее, то над выходом жилы на поверхности об-



Фиг. 12. Схематический разрез элювия золоторудной жилы.

1 — жила; 2 — вмещающие породы; 3 — граница элювиальной россыпи.



Фиг. 13. Погрешенная элювиальная россыпь.

1 — рудная жила; 2 — вмещающие породы; 3 — элювиальная россыпь; 4 — пустей элювий вмещающих пород.

разуется микродепрессия рельефа, которую стремится заполнить элювий боковых пород. Элювиальная россыпь сжимается этим элювием с боков и иногда совершенно засыпается сверху, так что не имеет даже выхода на поверхность. Это обычно бывает в тех случаях, когда вмещающие породы мало растворимы, а сама жила изобилует такими неустойчивыми минералами, как сульфиды и карбонаты (фиг. 13).

Подобный случай имел место в Кольмском районе при поисках золоторудной жилы. Жила залегает в глинистых сланцах и была совершенно скрыта их элювием, так что на поверхности ничем себя не обнаруживала. Она могла быть найдена лишь в результате проведения копушных работ.

Особенно легко элювиальные россыпи металлов маскируются каменными глыбовыми россыпями. Если материал коренного месторождения недостаточно устойчив, чтобы принимать участие в сложении глыбовой россыпи, он размельчается и проваливается вниз между глыбами. В этом случае элювиальная россыпь оказывается погребенной более или менее мощным слоем крупных каменных глыб, и для ее обнаружения требуются уже более серьезные работы, чем копушные, которые применимы лишь в более мелком элювии.

Обратные соотношения наблюдаются в тех случаях, когда элювий жилы устойчивее элювия вмещающих пород. В этом случае, наоборот, элювиальная россыпь весьма широко располагается в стороны и частично перекрывает элювий боковых пород. Подобный случай наблюдался мною в Алданском золотоносном районе в вершине кл. Лебединого. Здесь золоторудная жила проходит в порфировой дайке, залегающей в известняках. Благодаря легкой растворимости известнякового элювия обломочный материал жилы имеет возможность широко распространяться в стороны. При мощности кварцевой жилы в 1 м в элювии содержание золота прослеживается на ширине свыше 10 м.

Содержание металла в элювиальной россыпи примерно соответствует содержанию его в коренном месторождении, причем для платиновых месторождений это соответствие выдерживается значительно лучше, чем для золотых, благодаря более однообразному составу первых. В элювиальных россыпях, с одной стороны, протекает процесс обогащения их металлом за счет убыли общей массы элювия. Эта убыль касается только пустой породы, так как золото и платина, будучи весьма тяжелыми и химически устойчивыми, не поддаются ни выщелачиванию, ни вымыванию, ни выдуванию и сохраняются в элювии. С другой стороны, элювиальная россыпь, перемешиваясь с пустым элювием вмещающих пород, разубоживается. Суммарный результат зависит от соотношения интенсивности того и другого процесса.

Элювий платиновых месторождений по своему составу не подвергается очень легкому выщелачиванию. Поэтому обогащение элювиальных платиновых россыпей металлом протекает весьма постепенно и, лишь суммируясь в течение длительного периода, может дать заметный результат.

В золоторудных месторождениях наблюдаются самые различные соотношения. Если подвергается разрушению окисленная зона месторождения, где все наименее устойчивые минералы уже выщелочены или изменены, то богатство элювиальной россыпи не разнится заметно от такового окисленной зоны. Если же разрушается неизменная часть месторождения, то процессы ее химического выветривания протекают уже в элювии и могут приводить к значительному уменьшению массы обломочного материала, т. е. к сильному обогащению элювиальной россыпи металлом по сравнению с коренным месторождением. Степень обогащения зависит главным образом от минералогического состава месторождения.

Следует отметить, что подобное обогащение имеет место лишь в отношении свободного золота. Что касается золота, заключенного в сульфидах, то хотя оно при разрушении месторождения и поступает в элювиальную россыпь, но в ней оно очень трудно и улавливается и учитывается, так как остается или в сульфидах или в образующихся из них окисленных минералах. Если оно и освобождается из этих минералов при их размельчении в элювии, то в настолько тонком виде, что не может быть уловлено путем промывки.

Таким образом все золото, находящееся в элювиальной россыпи, может быть разделено на три части: а) освобожденное из породы, б) заключенное в породе и в) заключенное в сульфидах и образовавшихся из них

минералах. Чем больше возраст элювия и чем интенсивнее идут в нем процессы размельчения обломочного материала, тем больше процент свободного золота. Это золото имеет наибольшее практическое значение, так как, с одной стороны, может быть полностью извлечено из элювия путем простой промывки, с другой стороны, при вовлечении элювия в сферу эрозивной деятельности легко концентрируется в аллювиальных россыпях. Золото же, заключенное в породе и в сульфидах, в значительной мере рассеивается и при промывке элювия и при образовании аллювиальных россыпей.

Обогащение элювиальной россыпи металлом идет далеко не равномерно по всей массе обломочного материала, а сосредоточено преимущественно в верхних его слоях, откуда происходит наибольшая убыль материала. Особенно заметно это сказывается в так называемых золотых россыпях, т. е. таких элювиальных россыпях, процесс обогащения которых совершается путем интенсивного выдувания мелкого материала. В них обычно наиболее богат металлом самый верхний слой.

Вместе с тем, в элювии протекают и процессы противоположного направления. Частицы золота и платины, как наиболее тяжелые, пользуясь каждым удобным случаем, стремятся переместиться в нижние слои элювия. Это перемещение тем заметнее, чем подвижнее элювий. Оно значительно облегчается сильной пористостью элювия и его водоносностью. В элювии, пропитанном водою, оседание частиц металла, вниз совершается весьма интенсивно. Поэтому в некоторых случаях¹ наблюдается явление, обратное тому, которое отмечено выше. Именно, верхние слои элювиальной россыпи могут содержать ценный металл лишь в ничтожных количествах при весьма значительном обогащении металлом нижних ее слоев.

Как отмечалось выше, элювиальные россыпи выдерживают свои типичные черты лишь при залегании на горизонтальной поверхности. При залегании на склоне они переходят в делювиальные россыпи, к рассмотрению которых мы и перейдем.

Глава V

ПРОЦЕССЫ ДЕНУДАЦИИ И ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ

1. Сущность процессов и терминология

Продукты разрушения коренных пород, залегающие на склонах возвышенностей, не находятся в покое, но испытывают медленное перемещение вниз по склонам. Основной движущей силой при этом является сила тяжести, которой в той или иной мере помогают дождевые и снеговые воды, почвенная мерзлота, колебания температуры и пр. Эти процессы сползания рыхлых масс по склонам носят название процессов денудации.

Иногда денудацией именуют совокупность всех процессов, вызываемых экзогенными силами, т. е. включают сюда выветривание, собственно денудацию, эрозию, деятельность ледников и пр. Однако более логично и более принято в настоящее время понимать под денудацией только перемещение обломочного материала силой тяжести вниз по склонам. Именно в этом смысле и будет термин «денудация» употребляться в дальнейшем изложении.

Как только элювиальные обломочные массы перемещаются силой тяжести с места своего образования и первоначального залегания вниз по склонам, они получают название делювия. Делювий находится в постоянном медленном движении и может быть перемещен весьма далеко от места своего первоначального залегания и располагаться на совершенно иных породах, чем те, из которых он образовался. Движение делювия не продолжается бесконечно. В конце концов оно достигает своего предела. Таковым обычно является уровень речной долины, в сторону которой обращен склон возвышенности. Так как на этом уровне дальнейшее движение делювия прекращается, он носит название «базиса денудации».

Делювий, достигший базиса денудации и прекративший свое движение, носит название коллювия. Если это мелкий материал, смываемый дождевыми водами со склонов в речную долину и здесь накапливающийся, то он называется пролювием. Обычно коллювий и пролювий рассматриваются как разновидности делювия.

2. Общие условия денудации

Проявления процессов денудации могут быть весьма разнообразны. Сюда относится и смывание мелкого материала струйками дождевой воды, сбегавшей вниз по склонам, и такие катастрофические явления, как оползни, обвалы, грязевые потоки, и, наконец, медленное, незаметное на глаз, сползание громадных масс делювия, одевающих склоны возвышенностей часто сплошным покровом. В общей сумме этих процессов последняя форма денудации имеет, пожалуй, наибольшее значение.

Все процессы денудации идут тем интенсивнее, чем круче склон, по

которому идет перемещение обломочного материала. Крутизна склонов может быть самая различная, угол наклона их может непрерывно изменяться от 0 до 90°, и иногда даже встречаются склоны нависающие. Наиболее крутые склоны обычно сложены коренными породами, так как обломочный материал на них не может задерживаться и скатывается вниз.

Максимальный угол наклона, при котором рыхлый обломочный материал может удерживаться на склоне, называется углом естественного откоса. Для различного обломочного материала угол естественного откоса может заметно изменяться в пределах от 27 до 37°. В россыпях каменных глыб угол естественного откоса тем больше, чем крупнее глыбы, чем более неправильна и угловата их форма и чем более шероховата поверхность. В мелком делювии угол естественного откоса сильно зависит от сцепления частиц между собою и величины внутреннего трения. Так, например, в слежавшемся делювии, где сцепление частиц увеличилось, значительно больше и угол естественного откоса. Во влажном делювии угол естественного откоса больше, чем в сухом, оттого что больше сцепление частиц. Но пропитанный водою делювий обладает весьма малым внутренним трением, и для него угол естественного откоса очень мал.

Делювий, залегающий на склоне под углом естественного откоса, весьма легко приходит в движение. Часто достаточно небольшой внешней причины для того, чтобы громадные массы делювия начали перемещаться вниз по склону. Изменение состояния делювия может повести к изменению его угла естественного откоса. Делювий, залегавший ранее в устойчивом положении, становится неустойчивым и при малейшем внешнем поводе приходит в движение. Например, сильные дожди, пропитывая делювий водою, значительно уменьшают для него угол естественного откоса, и он начинает двигаться, образуя многочисленные оплывины. Такое же действие оказывают и выходы грунтовых вод. Физическое выветривание размельчает материал глыбовых россыпей, лежащих на склонах, угол естественного откоса их уменьшается, и они приходят в движение.

Пропитывание делювия водою может в некоторых случаях весьма сильно влиять на его физическое состояние. Так, например, некоторые песчовые туфы при своем выветривании дают с водой весьма подвижные гели, которые в сухом состоянии представляют глинообразные массы, крепко цементующие заключенный в них каменный материал. При воздействии воды они весьма легко набухают, давая исключительно подвижный студень, легко оплывающий по склонам. То же действие, может быть слабее выраженное, вода оказывает и на другие коллоиды, присутствующие в делювии. Поэтому, чем богаче делювий коллоидами, тем более подвижным он является при пропитывании водою.

Движение делювия, залегающего под углом естественного откоса или близким к нему, обычно совершается с такой скоростью, что бывает заметно на глаз; иногда оно происходит катастрофически. Наоборот, делювий, залегающий под малыми углами, далекими от угла естественного откоса, обычно лишен таких заметных передвижений, и самое его движение может быть установлено лишь по тому результату, который накапливается в течение длительных промежутков времени. На крутых склонах, кроме быстрых перемещений делювия, имеет место и медленное, постепенное передвижение нижних его слоев.

На подвижность делювия весьма большое влияние может оказывать растительный покров. Во-первых, он препятствует сильному пропитыванию делювия водою, задерживая на себе часть выпадающих осадков и увеличивая коэффициент испарения, т. е. уменьшая количество влаги, поступающей в делювий. По этой же причине на склонах, покрытых

растительностью, уменьшается величина смывания. Защищая делювий от непосредственного воздействия солнечных лучей, растительный покров смягчает для него колебания температуры, а также препятствует оттаиванию почвенной мерзлоты, т. е. препятствует увеличению его подвижности. Наконец, он действует своей корневой системой, делающей верхние слои делювия более связными и потому менее подвижными. При развитии растительного покрова часто даже на очень крутых склонах делювий испытывает лишь медленные перемещения. Воспрепятствовать в какой-нибудь мере подобным медленным перемещениям делювия растительный покров, конечно, не может, так как при этом он и сам перемещается вместе с делювием, будучи расположенным на нем. С другой стороны, растительный покров может несколько увеличивать подвижность делювия, обогащая его при процессах почвообразования коллоидами.

Заметно отзывается на подвижности делювия развитие почвенной мерзлоты. С одной стороны, мерзлота увеличивает влажность делювия и крепко сплавляет между собою отдельные его частицы, сильно уменьшая подвижность делювия и делая, например, невозможным осыпание мелкого материала. Но, впрочем, сухая мерзлота россыпей глыб или щебня не уменьшает их подвижности. С другой стороны, при оттаивании мерзлых делювий обычно дает весьма плавучие массы, обладающие очень малым внутренним трением. Например, при удалении растительного покрова на склонах (при лесных пожарах, искусственным путем и пр.) почвенная мерзлота получает возможность быстрого оттаивания, и на склоне возникают многочисленные оплывины.

Но мерзлота содействует процессам денудации не только при своем оттаивании. Мерзлая почва обладает довольно большой способностью к медленному движению, которое происходит даже при очень небольших углах наклона. Это явление известно под названием «течение почвы» или «солифлюкция».

Расположение склона также может влиять на интенсивность денудации. Весьма часто бывает, что склоны, обращенные на север, бывают очень пологи при крутых в то же время склонах, обращенных на юг. Многие геологи причину этого видят в различной интенсивности денудации на северных и южных склонах. Явление это еще недостаточно изучено.

Кроме перечисленных, на подвижность делювия и интенсивность процессов денудации может оказывать влияние и целый ряд других, более мелких причин, иногда чисто местного характера. Совокупность всех этих факторов обуславливает протекание процессов денудации в тех или иных формах.

3. Формы денудации

Одной из весьма распространенных форм быстрого перемещения делювия являются оползни. Определенная масса делювия, расположенная на склоне, под влиянием силы тяжести стремится скользить вниз по склону. Однако этому скольжению препятствует то обстоятельство, что величина трения вдоль любой поверхности, как внутри делювия, так и на границе его с коренными породами, больше, чем вес делювия. Если почему-либо трение вдоль какой-либо поверхности станет меньше веса делювия, то вдоль этой поверхности происходит разрыв, и лежащий на ней делювий начинает скользить вниз по склону до тех пор, пока величина трения вновь не станет больше его веса. Весьма часто скольжение совершается по поверхности глинистого горизонта, оказывающей при смачивании водою весьма малое сопротивление скольжению.

Таким образом, причины возникновения оползней могут быть двойного рода: с одной стороны, вследствие уменьшения величины трения,

с другой стороны, вследствие увеличения веса делювия. Уменьшение трения обычно происходит благодаря смачиванию поверхности глинистого горизонта грунтовыми или просачивающимися с поверхности водами. Иногда глубокое оттаивание почвенной мерзлоты до поверхности глинистого горизонта является причиной возникновения оползня.

Увеличение веса делювия обычно происходит благодаря пропитыванию его обильными дождевыми водами. Поэтому продолжительные и сильные дожди часто вызывают развитие оползней, с одной стороны, увеличивая вес делювия, с другой — уменьшая величину трения. Иногда вес делювия может быть неосторожно увеличен возведением на нем искусственных сооружений.

Более или менее связный делювий держится на склоне не только сплюснутым трением, но и сплюснутым сцеплением частиц делювия между собою. В этом случае для возникновения оползня необходимо, чтобы вес делювия преодолел силу сцепления, которая может быть значительно больше силы трения. Подобные оползни часто перемещаются на значительное расстояние, иногда превращаясь при этом в осыпи или обвалы.

Материал, перемещающийся при оползнях, обычно не испытывает больших внутренних перемещений: вся масса его оползает целиком, лишь разбиваясь трещинами, по которым происходят небольшие относительные перемещения отдельных частей. Но опрокидывания всей массы и перемешивания слагающего ее материала при типичных оползнях не происходит.

Если это явление имеет место, то оползень превращается в другие формы гравитационных потоков: при пропитанном водою полужидком делювии образуются осыпи, при более сухом или каменистом материале — обвалы. В наших золотоносных районах осыпи представляют весьма обычное явление на крутых горных склонах, особенно при развитии вечной мерзлоты. Образование осыпи начинается с появления в ее верхнем конце оползня, передвижение которого происходит настолько быстро, что лежащий ниже по склону делювий не в состоянии его задержать, но сам вовлекается в это движение. Общая масса перемещающегося материала увеличивается, происходит его перемешивание, и в результате получается поток густой грязи с тем или иным содержанием каменистого материала. Скорость движения его зависит от уклона, от общей массы потока, его консистенции, сопротивления склона и пр. Более густые потоки передвигаются медленно, но все же заметно на глаз, более жидкие — часто катастрофически.

Общая величина смещения чаще всего измеряется десятками метров, но иногда достигает нескольких сотен метров. Если сопротивление склонанизу увеличивается, то поток может задержаться на склоне, чаще же он достигает долины и загромождает ее у подножия склона.

Если делювий склона каменистый (например, россыпь сухого щебня), то начавшийся в одном месте оползень весьма легко превращается в обвал. Делювий в форме каменистого потока быстро, иногда катастрофически, передвигается вниз по склону и, подобно осыпям, либо задерживается сопротивлением склона, либо достигает речной долины. Часто бывает, что делювий, лежащий выше по склону, лишаясь в нижнем своем конце упора, также приходит в движение.

В высокогорных районах обвалы часто происходят не в рыхлом делювильном материале, а благодаря обрушению масс коренных пород, расположенных на крутых склонах. Подобное обрушение имеет своей причиной уменьшение связей обваливающейся массы со слагающими склон коренными породами и вызывается или процессами выветривания, или подмывом склона, или искусственными мероприятиями (каменоломни, горные выработки, выемки и пр.). Иногда причиной возникновения обвалов

служат землетрясения. Обвалы коренных пород обычно отличаются большими масштабами и происходят более катастрофически, нежели обвалы деловия, но в условиях наших золотоносных районов роль их незначительна вследствие плохой обнаженности.

Объем матерпала, перемещающегося при обвалах, может быть весьма различен. В наиболее крупных обвалах коренных пород он измерялся миллионами и даже десятками миллионов кубометров. Обвалы деловия никогда не достигают таких масштабов, объем их обычно измеряется десятками и сотнями, реже тысячами кубометров. Чем больше масса обвала, тем больше и его живая сила, тем труднее ему задержаться на склоне. Небольшие обвалы задерживаются на склонах довольно легко, и чем меньше их масса, тем меньше обычно и величина перемещения. Нижнего предела для объема перемещающегося при обвале матерпала не существует. Наиболее мелкие обвалы, измеряемые кубометрами и их долями, носят название осыпей.

Осыпи представляют в горных странах гораздо более обычное явление, чем все только что рассмотренные формы гравитационных потоков. В то время как последние представляют эпизодические и строго локализованные проявления процессов денудации, осыпи пользуются весьма широким распространением. На крутых склонах постоянно то в одном, то в другом месте скатываются вниз отдельные камешки, часто образуются целые струйки сыплющегося вниз рыхлого матерпала. Увеличиваясь в объеме, такие струйки могут переходить иногда в небольшие обвалы.

Осыпание рыхлого материала весьма характерно для крутых скалистых склонов. При этом осыпание идет не по всей поверхности склона равномерно, а приурочено к вполне определенным, наиболее пониженным местам склона, разделенным между собою скалистыми выступами. По направлению наибольшего осыпания образуются определенные тальвеги осыпей, которые постепенно разрабатываются в глубину и ширину, расчленивая склон на отдельные группы скал и придавая ему живописный вид.

Направления, по которым разрабатываются подобные тальвеги, обычно обусловлены особенностями коренных пород: часто они совпадают с пластами более мягких пород, направлением трещин отдельности, зонами раздробления и смятия, рудными жилами и пр. У их подножия весь осыпающийся материал отлагается в виде довольно крутобокого конуса осыпи. Подножия крутых склонов часто бывают загромаždены подобными конусами осыпей, достигающими иногда весьма внушительных размеров. По своему происхождению эти конусы представляют типичный коллювий.

Смывание пользуется еще более широким развитием, чем осыпи, и представляет поистине процесс универсальный. Струйки дождей и талой снеговой воды, сбегая вниз по склону, увлекают с собою мельчайшие частицы деловия (глистые, глинистые, отчасти песчаные) и перемещают их вниз по склону. Этот процесс протекает как на крутых, так и на пологих склонах, но на первых идет, конечно, интенсивнее. Величина смывания очень сильно зависит от коэффициента стока. На склонах, покрытых растительностью, смывание значительно меньше, чем на обнаженных. Деловий, легко впитывающий воду, например песчаный или дресвяный, неблагоприятен для интенсивного смывания. Наоборот, при иловатом или глинистом деловии, не дающем воде просачиваться, смывание весьма значительно.

Иногда смывание происходит не непосредственно на поверхности, а внутри толщ деловия; в этом случае его правильнее называть вымыванием. Мелкий деловий неблагоприятен для вымывания, так как в нем слишком малы поры; наиболее благоприятен для вымывания деловий,

состоящей из крупного каменистого матерпала с подчиненным количеством мелкозема. Подобный делювий в верхних слоях состоит из одного крупного матерпала, и вымывание происходит лишь на некоторой глубине.

На скалистых склонах смывание идет более интенсивно вдоль путей осыпания, содействуя их разработке. Иногда в них образуются бурные дождевые потоки, превращающие их в глубокие рывины, дающие начало образованию небольших распадков, логов и пр.

Там, где уклон склона уменьшается или делювий становится более пористым и впитывает в себя воду, происходит отложение смываемого матерпала. Это может иметь место и в отдельных участках склона, но в основном протекает у его подножья, там, где стекающая вода достигает уровня речной долины. При этом образуются неправильно слоистые отложения мелкого пролювия. Потоки, вытекающие из дождевых рывин и небольших распадков, отлагают несомый ими материал при их устьях, образуя широкие и плоские конусы выноса. Последние также относятся к пролювиальным образованиям. От смываемого со склонов пролювия они отличаются меньшей однородностью и присутствием довольно крупного материала.

Наконец, делювий испытывает медленное перемещение вниз по склону и всей своей массой. Это наиболее медленная, но в то же время и наиболее универсальная из всех форм денудации. Обычно ее определяют как плоскостной снос или покровное сползание. Даже на пологих склонах делювий весьма медленно перемещается, особенно если он достаточно подвижен. На крутых склонах скорость сползания значительно больше, но и то настолько невелика, что может быть замечена лишь по тому результату, который это сползание дает за длительный период. Сползанию делювия содействует его попеременное замерзание и оттаивание, охлаждение и нагревание при соответствующих изменениях объема; некоторые приписывают известную роль и давлению солнечных лучей. Действие охлаждения и нагревания особенно заметно проявляется в россыпях каменных глыб. При низких ночных температурах летом, а особенно весной и осенью, и сильном нагревании россыпи днем происходит заметное термическое расширение слагающих ее глыб; при этом они испытывают взаимные перемещения, конечно, преимущественно вниз по склону. После заката солнца происходит охлаждение и сокращение осыпи, также сопровождаемое небольшими перемещениями. При этом обломки производят весьма характерный и своеобразный стук, который можно слышать на гольцах тотчас после захода солнца. Мне неоднократно приходилось наблюдать это явление в Алданском районе, особенно в области развития юрских песчаников. Повторяясь изо дня в день, эти небольшие перемещения в совокупности дают весьма значительный эффект.

Сползанию делювия содействует развитие почвенной мерзлоты. Мерзлый делювий оказывается более способным к медленному сползанию, чем сухой и талый. Скорость его передвижения (так называемое «течение почвы») при благоприятных условиях может достигать до 1 м в год. Это передвижение имеет место даже на очень пологих склонах, не превышающих 3—5°.

Весьма своеобразные формы принимают почвенная мерзлота и связанные с нею перемещения делювия на склонах многих гольцов, покрытых россыпями крупных каменных глыб. Мощности таких россыпей очень велика, обычно несколько метров. Свободная циркуляция в них зимнего воздуха, охлажденного иногда до температуры —60°, охлаждает и их до весьма низкой температуры. При быстром весеннем таянии снега на гольцах талая вода, просачиваясь в глубь россыпи, попадает там в область низких температур и вновь замерзает. Так постепенно

под каменной россыпью на склонах гольцов образуется слой льда. Мощностъ этого слоя еще увеличивается в начале лета путем непосредственной конденсащи водяных паров воздуха в каменной россыпи.

Летом этот слой льда постепенно начинает оттаивать, и образующаяся вода сбегает по склону гольца под россыпью по поверхности льда. Журчание этих потоков можно слышать летом на всех гольцах, часто недалеко от самой вершины гольца, откуда они сбегает в долины соседних ключиков. Гольцовый лед не успевает полностью стаять в течение лета, и осенью остается еще значительный его слой, который легко обнаружить, разобрав на склоне гольца на некоторую глубину каменную россыпь. В 1927 г. в последних числах сентября при поисках рудного золота в вершине кл. Беспризорного (Алданский район) на склоне гольца под каменной россыпью был вскрыт канавой слой льда свыше 1 м мощностью. Таким образом, не стаявая из года в год, этот лед является вечным.

При большой крутизне гольцов (до 35°) гольцовый лед не остается, конечно, неподвижным, а медленно сползает вниз, образуя весьма своеобразные «погребенные ледники», обволакивающие гольцы со всех сторон. Течение льда, как и в настоящих ледниках, обусловлено его пластичностью, а также нагрузкой покрывающей его каменной россыпи. Последняя, будучи расположена на ледяном слое, участвует в его движении, но, кроме того, имеет и собственное движение преимущественно под влиянием колебаний температуры.

Рассмотренные вначале формы денудации (оползни, оплывины, обвалы) протекают не по всей площади склона, а лишь по определенным, линейно вытянутым руслам. Эти формы являются представителями так называемого «линейного сноса». Осыпи также совершаются по определенным руслам, но весьма тесно расположенным на поверхности склона. Смывание представляет собой линейный снос, весьма равномерно распределенный по поверхности склона, почему может рассматриваться и как плоскостной снос. Все же оно имеет тенденцию вырабатывать себе определенные русла. И только покровное сползание является типичным представителем плоскостного сноса, при котором денудация протекает по всей поверхности склона.

Но и в этом случае в различных участках склона скорость денудации неодинакова. По определенным, линейно вытянутым направлениям она несколько больше, чем в расположенных между ними участках. Направления наибольшей денудации обычно выражаются как едва заметные плоские депрессии рельефа, носящие название «деллей». Делли, как и эрозионные долины, могут сливаться друг с другом, давая в плане ветвистые формы. Последние более характерны для весьма пологих склонов; на крутых склонах делли прямолинейны, направлены по падению склона и не соединяются друг с другом.

В породах неравномерной твердости делли приурочены преимущественно к участкам мягких пород. В породах равномерной твердости первоначальное их зарождение в большинстве случаев, по видимому, обусловлено работой стекающей воды, и только образовавшиеся этим путем понижения в дальнейшем еще больше разрабатываются перемещающимися массами делювия. Делли можно наблюдать как в рыхлом, мелком делювии, так и в россыпях каменных глыб.

В последних делли соответствуют направлению движения каменных потоков, передвигающихся с заметно большей скоростью, чем вся масса россыпи. Поверхность таких потоков иногда бывает ровная, иногда покрыта продольными валами и бороздами, образующимися при движении. При слиянии двух потоков образуется срединный вал, соответствующий срединной морене ледников (при наличии под каменной россыпью гольцового льда аналогия еще полнее). Кроме продольных борозд и валов,

часто образуются поперечные, дугообразно изогнутые валы в тех местах, где замедляется движение потоков: напиранием сверху массами делювия россыпь сдавливается, и на ее поверхности образуются валы. Так как середина потока движется быстрее, чем края, эти валы приобретают изогнутую форму, обращенную выпуклостью вниз. Как продольные, так и поперечные валы можно наблюдать почти на всех гольцах. В особенно хорошем развитии мне приходилось наблюдать и те и другие в Алданском районе: продольные валы в бассейне левой вершины р. Селигдара, поперечные — на склоне гольца Лебединого над вершиной кл. Беспризорного.

Являясь путями максимального перемещения делювия, делли стягивают к себе обломочный материал с расположенных между ними участков. Так как иногда они бывают очень слабо выражены в рельефе, то нужно очень внимательное исследование склона для того, чтобы установить направление перемещения делювия, что чрезвычайно важно при поисках золоторудных месторождений, особенно в сильно задернованных районах.

Перемещение обломочного материала от места его первоначального залегания может совершаться еще одним способом, именно ветром. Обычно деятельность ветра не включается в понятие денудации, но для процесса образования россыпей она играет ту же роль, что и последняя, и потому может быть рассмотрена вместе с нею.

По сравнению с процессами собственно денудации работа ветра имеет для образования россыпей ничтожную роль. Выдуванию может подвергаться лишь сравнительно мелкий и притом сухой обломочный материал. Поэтому в условиях наших золотоносных районов, особенно северных, с развитием вечной мерзлоты, работа ветра по перемещению делювия имеет ничтожное значение. Наоборот, в условиях пустынного климата (например, в Австралии) ветер является главной транспортирующей силой. В отличие от процессов денудации, где перемещение материала всегда направлено вниз по склону, эоловая деятельность перемещает материал по направлению господствующих ветров, независимо от расположения склона. Обычно эоловому переиосу подвергаются наиболее легкие частицы, но при очень сильных ветрах могут перемещаться и мелкие частицы металла.

Процессы денудации и делювиальные образования представляют для россыпника интерес тройкого рода. Во-первых, процессы денудации перемещают металлоносный обломочный материал от коренного месторождения в речные долины, и от характера их в значительной мере зависит и характер аллювиальной россыпи. Во-вторых, делювиальные образования сами могут содержать промышленные концентрации металла. И, наконец, металлоносные делювиальные образования — это тот путь, который ведет поисковика от аллювиальной россыпи к нахождению коренного месторождения. Только хорошо разбираясь в строении делювия и процессах его передвижения, поисковик может быть уверен в том, что его поиски коренного месторождения в любых условиях увенчаются успехом.

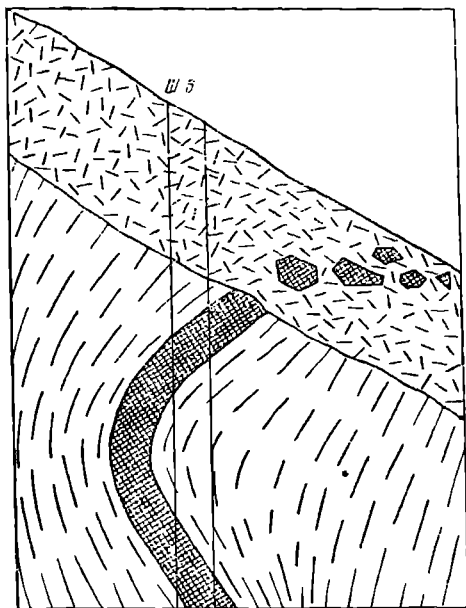
4. Состав и строение делювия

Если во многих случаях нельзя провести резкую границу между коренными породами и элювием, то еще менее определена граница между элювием и делювием.

На очень крутых, скалистых склонах элювий собственно отсутствует, так как куски коренной породы, отделяясь от нее, тотчас смещаются вниз по склону, т. е. превращаются в делювий. На более пологих склонах

элювием можно считать обломочный материал, залегающий вблизи коренной породы и еще достаточно однородный, а более заметно смещенный и перемешанный с материалом других пород следует называть делювием.

Трудность этого разграничения еще усиливается тем, что и сами коренные породы в своих верхних трещиноватых частях под влиянием силы тяжести могут очень значительно загнуться вниз по склону, явля-



Фиг. 14. Загиб жилы вниз по склону под влиянием силы тяжести.

ясь таким образом смещенными почти без нарушения своей цельности. Прекрасной иллюстрацией этого может служить случай, имевший место в Колымском районе при разведке одной из золоторудных жил. Жила, расположенная наискось на довольно крутом склоне, разведывалась поверхностными выработками — канавами и шурфами, по расположению которых можно было заключить, что жила падает вниз по склону. Но одним из шурфов жила была пересечена на глубине 7 м от поверхности в почти ненарушенном залегании и с падением вверх по склону. Начальник разведочной партии, не разобравшись в обстоятельствах, решил, что это и есть истинное падение жилы, и хотел было на основании этого проектировать дальнейшую разведку. Каково же было его удивление, когда на глубине 13 м шурф вторично пере-

сек ту же жилу уже в коренном залегании и с падением вниз по склону (фиг. 14).

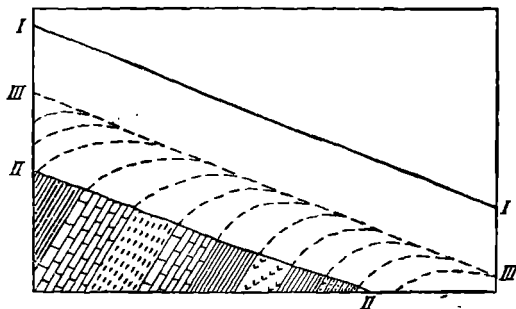
При расположении коренных пород на склонах, особенно крутых, сила тяжести является довольно заметным фактором выветривания. Как уже отмечалось, скалистые выходы под влиянием силы тяжести могут давать трещины, по которым и происходит отделение пород при обвалах. Делювий, перемещающийся под влиянием силы тяжести по поверхности коренных пород, иногда обладает заметной разрушающей силой, вызывая растрескивание и разрушение подстилающих пород. Наконец, верхние сильно трещиноватые части коренных пород вместе с лежащим на них делювием, загнаваясь вниз по склону, действуют своей тяжестью на нижележащие коренные породы, вызывая и их растрескивание и загнание в том же направлении.

Все те процессы изменения обломочного материала, которые совершаются в элювии, можно наблюдать и в делювии. Обломочный материал делювия подвергается физическому и химическому выветриванию по тем же законам, что и элювий. Чем дальше вниз по склону от выхода коренной породы, тем сильнее размельчены и изменены химически ее обломки, так как тем дальше они падают в делювий. Если проводить параллель с той зональностью в степени выветривания, которую мы наблю-

дали в элювии, то самым верхним частям элювия соответствует делювий, расположенный ниже всего по склону, а более глубоким частям элювия — делювий, расположенный выше по склону, ближе к выходу коренной породы.

Чем выше по склону выходит данная коренная порода, тем в более измененном состоянии достигают ее обломки подножия склона. Наоборот, обломки пород, выходящих в нижней части склона, достигают его подножия в сравнительно мало измененном состоянии, и в основном подвергаются изменению уже в элювии.

В делювии, подобно элювию, идут процессы выдувания, выщелачивания и вымывания. Последние протекают тем интенсивнее, чем круче склон. Перемешивание обломочного материала в делювии протекает несравненно интенсивнее, чем в элювии, благодаря тому, что, перемещаясь по склону, он находится в постоянном движении.



Фиг. 15. Схема слоистости делювия:
I — поверхность склона; II — поверхность коренных пород;
III — поверхность, выше которой слои делювия перемешиваются.

Перемещение и перемешивание делювия на склоне обуславливает его несовершенную слоистость, впрочем отличную от таковой элювия. Если на склоне имеется выход определенной породы, то от него вниз по склону тянется слой продуктов разрушения этой породы. Вблизи выхода это крупные, довольно плотно прилегающие друг к другу обломки. Вниз по склону они очень быстро уменьшаются в числе и размерах, уступая место мелкому материалу, но все же сохраняя характер определенно выраженного слоя. Этот слой перекрывается продуктами разрушения пород, лежащих выше по склону, и подстилается продуктами разрушения пород, лежащих ниже по склону. По мере продвижения вниз по склону этот слой постепенно теряет свою индивидуальность, перемешиваясь с пестрым обломочным материалом; в то же время подстилающие его слои, более молодые по возрасту, еще сохраняются и исчезают лишь ниже по склону (фиг. 15).

Таким образом, делювий можно разделить на две части: верхняя представляет результат перемешивания делювия разнообразных пород, выходящих наиболее высоко по склону; нижняя состоит из отдельных, еще не смешавшихся слоев делювия пород, выходящих недалеке вверх по склону. Обломочный материал определенной породы в месте ее выхода залегает в самом основании делювия; ниже по склону его положение в разрезе делювия постепенно повышается, а еще ниже, где уже произошло перемешивание, обломки породы могут появиться непосредственно на поверхности. При небольших уклонах склона это происходит недалеке от выхода породы, на крутых склонах — на довольно значительном расстоянии. При очень пологих склонах обломки породы могут, как и в элювии, распространяться в обе стороны от ее выхода, даже несколько вверх по склону. Точно так же происходит перемешивание с пестрым обломочным материалом и в горизонтальном направлении. Если выход породы на склоне невелик по размерам (гнездо, трубчатая жила), то делювий ее располагается на

склоне в виде веера, обращенного широким концом вниз по склону, а узким — к месту выхода породы. Распространение обломков породы как вниз по склону, так и в бока имеет чрезвычайно большое значение при поисках золоторудных жил, скрытых делювиальными образованиями.

При разрушении устойчивых пород, дающих крупнообломочный материал, перемешивание делювия очень легко приводит к образованию каменных россыпей. В этом случае в делювии образуется слоистость совершенно иного порядка, чем описанная выше. Весь мелкий материал, просеваясь между крупными глыбами, сосредоточивается в нижней части делювия. При этом происходит довольно совершенное его перемешивание. Здесь же присутствуют и более крупные глыбы, лишь недавно отделавшиеся от коренной породы и еще не успевшие проникнуть через слой мелкого материала в каменную россыпь. Последняя составляет верхнюю часть делювия и благодаря своей большой подвижности обычно совершенно свободна от примесей мелкого материала.

Последнее обстоятельство обуславливает то, что на делювиальных каменных россыпях лишь с большим трудом развивается растительность. Обычно они совершенно голые, откуда и покрываемые ими возвышенности носят название гольцов.

Большая подвижность делювиальных каменных россыпей приводит также к тому, что обломки всех менее стойких пород довольно легко размельчаются и попадают в нижние слои делювия, не участвуя в сложении каменной россыпи. Поэтому по составу последней лишь весьма приблизительно можно судить о составе коренных пород — обстоятельство, с которым приходится серьезно считаться при рудных поисках.

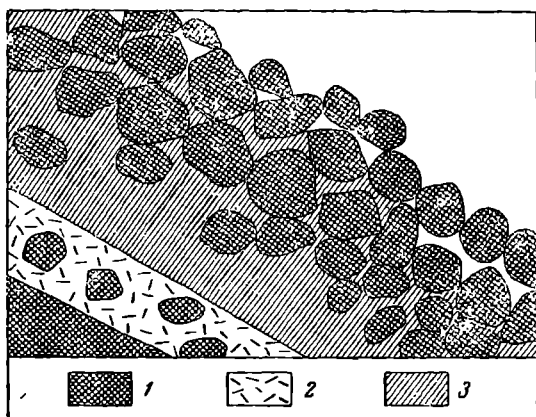
Если в сложении делювия принимает участие гольцовый лед, то он располагается в нижней части каменной россыпи, цементируя ее. Так как замерзание воды сопровождается увеличением объема, каменные глыбы, погруженные в лед, обычно не соприкасаются, а расположены на некотором расстоянии друг от друга. Ниже такой брекчии с ледяным цементом иногда располагается слой чистого льда, покрывающий слой мелкого делювия. Иногда и на поверхности льда образуется небольшой слой мелкого делювия благодаря выветриванию каменной россыпи. Обычно этот делювий очень легко смывается тальми водами по скользкой поверхности льда. Следует иметь в виду, что в нем материал менее устойчивых коренных пород может отсутствовать совершенно (фиг. 16).

Достигая подножия склона (обычно урвня речной долины), делювий замедляет свое движение и накапливается в бортовой части долины, получая при этом название коллювия. В коллювии обычно незаметно уже никакой слоистости, так как обломочный материал в нем является весьма хорошо перемешанным. Измельчение его также совершеннее, чем в делювии.

Строго говоря, неподвижными являются лишь нижние части коллювия, лежащие непосредственно на аллювиальных отложениях долины. Прибывающие со склона новые порции делювия переползают через уже накопившийся коллювий, постепенно распространяясь от борта долины к ее середине. Таким образом коллювиальные отложения долины с течением времени увеличиваются не только по мощности, но и по ширине.

При слабо развитой эрозионной деятельности бывают случаи, что коллювий правого и левого борта долины соединяются между собою, перекрывая аллювиальные отложения во всю ширину долины (фиг. 17). Подобной подвижностью в пределах речных долин обладают не только иловатые или глинистые разности коллювия, но и спускающиеся со склонов каменные россыпи. Иногда они покрывают более или менее широкие площадки в бортовых частях долины, иногда, наоборот, выдаются к ее середине узкими и длинными языками, идущими поперек долины.

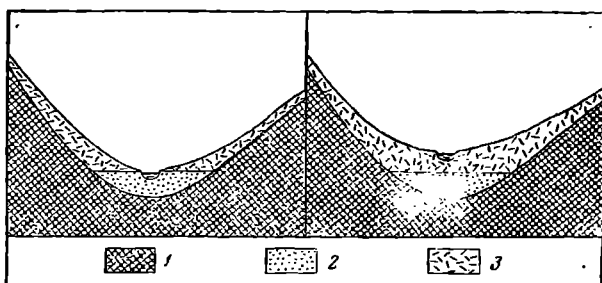
Учитывая такую довольно значительную подвижность коллювия, правильное делать различие между ним и делювиом не по степени подвижности, а по условиям залегания, называя делювием обломочный материал, залегающий на склонах, а коллювием — залегающий в речных долинах поверх аллювиальных отложений. Кроме того, они могут не-



Фиг. 16. Схематический разрез делювиальной россыпи, сцементированной льдом.

1 — коренные породы и крупные глыбы их; 2 — мелкий делювий; 3 — лед.

сколько разниться и по составу: делювий непрерывно пополняется новыми количествами угловатого обломочного материала за счет разрушения



Фиг. 17. Соотношение аллювия и коллювия.

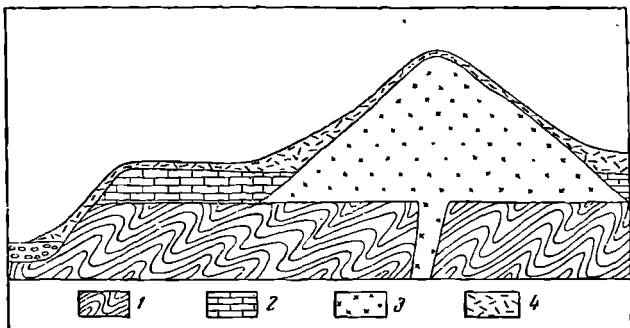
1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — делювий и коллювий.

подстилающих коренных пород, коллювий такого пополнения не имеет. Зато в тех случаях, когда в бортовых частях долин сохранились речные террасы, коллювий, сползая с одной террасы на другую, может за счет разрушения края верхней террасы пополняться некоторым количеством окатанного аллювиального материала. В припсковой терминологии коллювий обозначается как «горный свал».

Мощность коллювиальных образований может быть весьма различной. Обычно она очень быстро уменьшается от бортов долины к ее середине. Благодаря этому долины с сильным развитием коллювия часто имеют

корытообразную форму. Чем меньший срок прошел со времени заполнения долины аллювиальными отложениями, тем меньше коллювия успело накопиться в ее бортовых частях. В очень старых долинах мощность коллювия может достигать 20—30 м. С этим приходится серьезно считаться при шурфовке в бортовых частях долин. Некоторые долины бывают хорошо защищены от заполнения коллювием развитыми в них речными террасами, на которых главная масса коллювия и задерживается.

Накопление делювиального обломочного материала происходит не



Фиг. 18. Накопление делювия у подножия гольцов в Алданском районе.

1 — архей; 2 — известняки кембрия; 3 — спенит; 4 — делювий.

только по достижении им уровня речной долины, но и при всяком резком уменьшении уклона склона. В таких местах движение делювия замедляется, мощность его увеличивается, он как бы стремится сгладить тот входящий угол, который имеется в профиле склона. Часто излом склона обусловлен сменой пород различной устойчивости. Прекрасные примеры этого рода мы встречаем в Алданском районе. Здесь среди мягких кембрийских известняков залегают лакколиты весьма устойчивых сиенитов и сиенит-порфиров, которые в виде высоких крутых гольцов резко возвышаются над плоскими известняковыми увалами или выступающей из-под них абразивной поверхностью докембрия. В том и другом случае у подножия гольцов наблюдается резкий излом рельефа. Сползающие с гольцов каменные россыпи здесь задерживаются, образуя колоссальной мощности накопления, постепенно выветривающиеся и порстающие ягелем и кедровым сланником (фиг. 18).

Пролувальные отложения в противоположность коллювию часто обладают некоторой слоистостью, которая бывает особенно заметна в отложениях конусов выноса. Будучи связан с работой проточной воды, пролювий является более подвижным, чем коллювий, и когда последний накапливается в бортовых частях долины, пролювий часто достигает и ее средней части, образуя здесь накопления тонкого илстого материала. Во многих случаях их бывает невозможно отличить от настоящих аллювиальных илов.

5. Соотношение выветривания и денудации

Если продукты выветривания коренных пород не удаляются процессами денудации, то, накапливаясь в течение длительного срока, они образуют мощный покров элювия, под защитой которого выветривание

коренных пород замедляется и наконец может практически прекратиться. Элювий достигает своей предельной мощности. Эта мощность зависит как от характера коренных пород, так и от условий выветривания. В некоторых случаях она может быть очень велика и достигать многих десятков метров.

Если продукты выветривания удаляются денудацией, то мощность элювия уменьшается, и выветривание получает возможность глубже проникать в толщу коренных пород. В этом случае мощность элювия зависит от соотношения интенсивности денудации и выветривания. Если денудация преобладает над выветриванием, то мощность элювия с течением времени уменьшается, если наоборот, — увеличивается. Но так как интенсивность выветривания, в свою очередь, находится в обратной зависимости от мощности элювия и потому ею регулируется, при определенной мощности элювия наступает динамическое равновесие, когда количество материала, уносимого денудацией, соответствует количеству, даваемому выветриванием.

Эти отношения наблюдаются только в верхних частях склонов; в нижних и средних частях они усложняются тем обстоятельством, что здесь поступление обломочного материала происходит не только благодаря выветриванию, но и благодаря перемещению его из вышележащих частей склона. Таким образом, мощность делювия здесь определяется соотношением: убыль от денудации — поступление от денудации и выветривания. Так как при поисках и поверхностной разведке золоторудных жил мощность делювия имеет громадное значение, то на ее характеристике надо несколько задержаться.

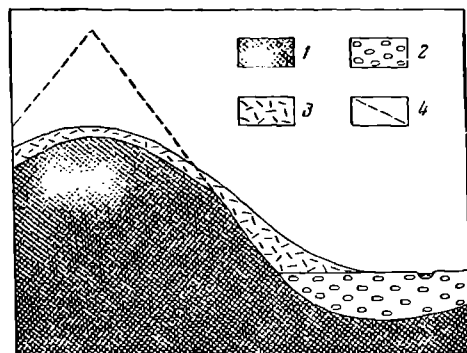
Помимо соотношения выветривания и денудации, изменения мощности делювия могут очень сильно зависеть от поперечного профиля склона и формы его в плане. По поперечному профилю различают склоны прямолинейные, выпуклые и вогнутые. На прямолинейных склонах благодаря их одинаковому уклону скорость движения делювия в разных частях склона одинакова. Поэтому в любой точке прямолинейного склона мы можем рассматривать поступающий сверху обломочный материал как транзитный: он поступает с такой же скоростью, как и убывает, но в каждой точке склона к нему прибавляется все новый обломочный материал. Поэтому на прямолинейных склонах мощность делювия постепенно возрастает сверху вниз по склону. Результатом этого является то, что верхняя часть склона под покровом менее мощного делювия выветривается более интенсивно, и сам склон стремится приобрести слабо выпуклый профиль, который, как показывают наблюдения, является наиболее устойчивой формой склона.

В то же время, в нижней части склона накопление обломочного материала преобладает над выветриванием, и на уровне речной долины скапливается весь поступающий обломочный материал. Поэтому в нижней части склона стремится принять вогнутый профиль, сопрягающий между собою наклонную поверхность склона и горизонтальное дно долины. Такой профиль склона — слабо выпуклый сверху, вогнутый внизу, с небольшим прямолинейным участком в середине, является наиболее обычным, к которому стремится под влиянием выветривания и денудации всякий склон (фиг. 19).

На выпуклых склонах — чем ниже по склону, тем скорость движения делювия больше. Определенный слой делювия, двигаясь вниз по склону, непрерывно уменьшается в мощности за счет увеличения скорости движения. Уменьшение мощности компенсируется поступлением материала от выветривания нижних частей склона. Суммарный результат зависит от соотношения этих двух процессов. При большой кривизне склона и слабом выветривании мощность делювия вниз по склону непрерывно уменьшается:

при малой кривизне склона и интенсивном выветривании — увеличивается, как и на прямолинейных склонах; при определенном соотношении между кривизной склона и интенсивностью выветривания — остается постоянной. Это та слабо выпуклая, устойчивая форма склона, о которой говорилось выше.

На вогнутых склонах увеличение мощности делювия вызвано по склону зависит от двух причин: поступления нового материала при выветривании и уменьшения скорости движения вывала по склону.



Фиг. 19. Устойчивая форма выпукло-вогнутого склона.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — делювий;
4 — прежний профиль склона.

и уменьшения скорости движения вывала по склону. Суммируясь, эти причины вызывают гораздо более резкое увеличение мощности делювия, чем на склонах прямолинейных.

Если профиль склона представляет сложную линию, состоящую из различных по характеру участков, то наименьшую мощность делювия можно ожидать в участках выпуклого профиля, притом там, где кривизна более всего, в участках вогнутого профиля мощность делювия максимальная; в участках прямолинейного — равномерно увеличивается сверху вниз. С таким распределением делювия приходится считаться при задании поисково-разведочных выработок. При этом, конечно, не надо упускать из виду различную устойчивость пород по отношению к выветриванию (фиг. 20).

Все изложенное справедливо лишь в том случае, если склон имеет в плане прямолинейную форму, или, что то же, горизонтали склона прямолинейны. Если горизонтали имеют выпуклую или вогнутую форму, то соотношения могут значительно изменяться.

Для примера рассмотрим гольц конической формы с прямолинейными склонами, изображенный в плане выпуклыми, равноудаленными горизонталями. Делювий,двигающийся от верхних частей склонов по их падению, т. е. по нормали к горизонталям, по мере движения вниз распространяется на все большую ширину склона, которая книзу неизменно возрастает. Поэтому определенный слой делювия,двигающийся сверху, даже при постоянной скорости движения непрерывно уменьшается в мощности, давая тем самым возможность делювию более интенсивно пополняться за счет разрушения подстилающих коренных пород.

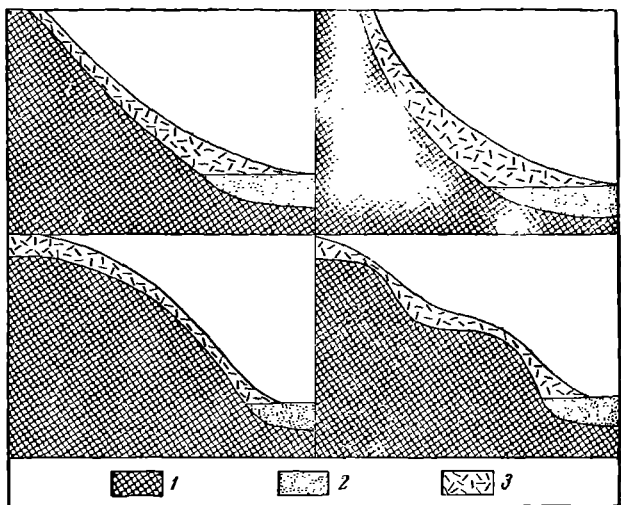
Увеличение длины горизонталей (ширины склона) сверху вниз идет в арифметической прогрессии; относительное увеличение гораздо больше у вершины гольца, чем у его подножия, где оно почти незаметно. Поэтому вблизи вершины гольца влияние делювия, поступающего сверху, мало чувствительно и пополнение его обломочным материалом идет за счет интенсивного выветривания коренных пород. Вследствие этого вершины конических гольцов довольно быстро разрушаются, принимая округлую форму.

Мощность делювия, покрывающего конические склоны гольцов, мало зависит от количества его, поступающего сверху, так как они очень быстро уменьшаются в своей мощности. Поэтому в верхних частях конических склонов мощность делювия почти постоянна и начинает заметно воз-

растать к подножию. В нижних частях конических склонов мощность делювия увеличивается за счет поступления нового материала при выветривании и уменьшения скорости движения вывала по склону. Суммируясь, эти причины вызывают гораздо более резкое увеличение мощности делювия, чем на склонах прямолинейных.

растать вблизи их подножия, которое в этом отношении приближается к плоским прямолинейным склонам.

В тех случаях, когда склон имеет в плане вогнутую форму (водосборные воронки в вершинах ключей, распадков, логов и пр.), длина горизонталей с движением вниз по склону непрерывно сокращается с соответствующим увеличением мощности делювия. На подобных склонах мощность делювия возрастает быстрее, чем на любых других. Если водный поток, берущий здесь начало, не справляется с выносом поступающего в него



Фиг. 20. Схема распределения мощности делювия на склонах различного профиля.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — делювий.

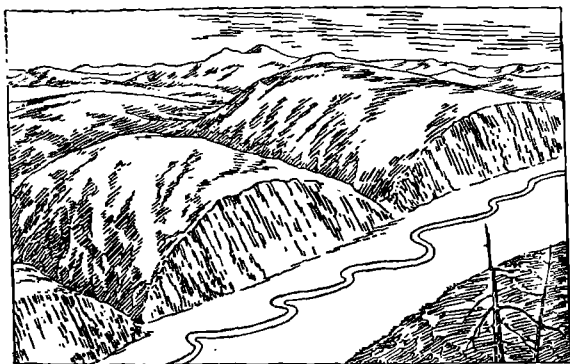
обломочного материала, то накопления последнего у подножия склонов могут быть колоссальны.

Таким образом, мощность делювия при различных профилях склона зависит от соотношения интенсивности денудации и выветривания, но и сама может оказывать влияние на ход последнего. В некоторых случаях денудация идет настолько интенсивно, что выветривание не успевает поставлять материал для нее. При этом возникают скалистые склоны, на которых делювий присутствует лишь в стельных местах.

В то время как склоны, покрытые делювием, не могут быть круче угла естественного откоса, скалистые склоны могут быть как угодно круты. Так как и выветривание и денудация стремятся сделать склоны более пологими, то крутые склоны не могут возникать под их воздействием; чаще всего причиной возникновения крутых склонов служит эрозийная деятельность.

В условиях интенсивного выветривания и денудации, каковые характерны для большинства наших золотоносных районов, скалистые склоны весьма недолговечны. Коренные породы очень быстро разрушаются, и склон покрывается делювиальными продуктами, располагающимися под углом естественного откоса. В результате разрушения скалистого склона образуется склон, покрытый делювием и имеющий прямолинейный профиль.

Образование скалистых участков благодаря эрозионной деятельности обычно происходит лишь в нижних частях склонов, верхние же части склонов сохраняют свой прежний профиль, чаще всего слабо выпуклый. Возникающий из скалистого прямолинейный участок склона пересекает верхнюю его часть по некоторой кривой линии, вдоль которой наблюдается резкий изгиб рельефа (фиг. 21). Получается впечатление, что нижняя часть прежнего склона вдоль речной долины отсечена наклонной



Фиг. 21. Резкий изгиб склона, благодаря подработке его основания проточной водой.

плоскостью. Подобного рода возвышенности весьма часто встречаются в золотоносных районах.

Так как выветривание склона с прямолинейным профилем идет интенсивнее всего в верхней его части, то перелом рельефа на границе с участком старого профиля сначала закругляется, а потом постепенно сглаживается, и склон приобретает довольно плавный выпуклый профиль. Одновременно у его подножия благодаря накоплению коллювия формируется участок с вогнутым профилем.

Такова обычная эволюция склона в условиях интенсивного выветривания и денудации. Она несколько разнится от приводимой обычно в учебниках геоморфологии, но последние рассматривают чаще всего не эволюцию склона возвышенности в целом, а эволюцию склона долины, т. е. только нижней части всего склона, которая, действительно, имеет сначала выпуклый профиль, потом прямолинейный и, наконец, вогнутый.

При поисках золоторудных жил, скрытых делювиальными образованиями, бывает совершенно необходимо понять направление развития того склона, на котором производятся поиски. Иначе может быть сделано много лишней, никому не нужной работы, а при трудных условиях поисков они могут даже не увенчаться успехом.

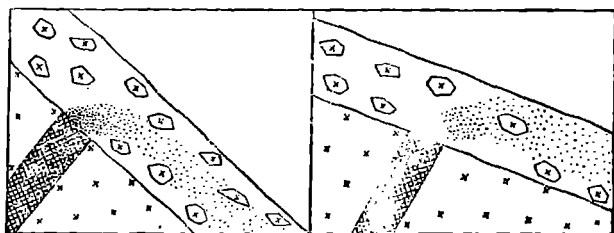
6. Делювиальные россыпи

Делювиальные россыпи значительно реже, чем элювиальные, могут быть предметом промышленной эксплуатации. Несмотря на это, поисковику приходится с ними очень тесно сталкиваться при поисках коренных месторождений, так как вся методика поисков в большинстве случаев базируется на характере делювия и распределении в нем металла. Для геолога они представляют интерес постольку, поскольку в них производится размельчение руды коренного месторождения и освобождение

из нее металла, без чего невозможна концентрация последнего в аллювиальной россыпи.

Когда коренное месторождение выходит на склоне, непосредственно прилегающая к выходу часть металлоносного обломочного материала носит черты элювиальных россыпей, подробно охарактеризованных в предыдущей главе. По мере продвижения обломочного материала вниз по склону эти черты очень быстро утрачиваются благодаря перемешиванию металлоносного делювия с пустым делювием посторонних пород.

При этом, прежде всего, нарушается однородность литологического состава металлоносной делювиальной россыпи, в ней появляются обломки самых разнообразных пород, выходящих на склоне. Вместе с тем, содержание металла вследствие перемешивания очень сильно снижается,



Фиг. 22. Форма делювиальной россыпи в разрезе на крутом и пологом склоне.

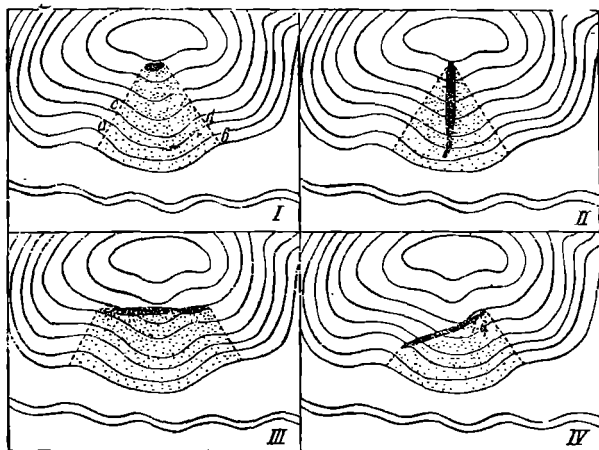
и если часть россыпи, непосредственно прилегающая к выходу месторождения, во многих случаях содержит промышленные концентрации металла, то ниже по склону это наблюдается лишь в особо благоприятных условиях.

Форма делювиальной россыпи и распределение в ней металла очень сильно зависят от формы коренного месторождения и его расположения относительно склона. Если это небольшое гнездо, то делювиальная россыпь от места его расположения тянется вниз по склону в виде раструба, расширяющегося как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении (фиг. 22). Расширение раструба тем больше, чем положе склон. При крутом склоне россыпь расширяется менее значительно. Контуры ее пересекают поверхность склона несколько ниже месторождения и тем дальше от него, чем круче склон. В месте этого пересечения и ниже его частицы металла могут присутствовать в делювии непосредственно у поверхности, а чем ближе к месторождению, тем все на большей глубине. Определив границы россыпи в горизонтальном направлении в четырех точках (фиг. 23, I), можно экстраполицией примерно высчитать место расположения коренного месторождения. Для этого надо быть уверенным, что оно представляет собою гнездо, а не жилу, которая в этом случае должна располагаться ниже по склону.

Если коренное месторождение представляет жилу, то форма делювиальной россыпи может быть весьма разнообразной в зависимости от расположения жилы. Наиболее благоприятный случай и для богатства делювиальной россыпи и для поисков жилы — это когда выход жилы расположен точно по падению склона. В этом случае обломочный материал перемещается вниз по склону как раз вдоль выхода жилы, и перемешивание его в вертикальном направлении не ведет к его разубоживанию. Перемешивание в горизонтальном направлении происходит, но оно имеет меньшее значение (фиг. 23, II).

Делювий верхнего конца жилы распределяется по склону в виде веера, обращенного широким концом книзу; нижележащие участки жилы дают такие же веера, располагающиеся внутри первого. Таким образом, вся россыпь имеет в плане такую же треугольную форму, как и в случае гнезда, с тою лишь разницей, что здесь вдоль всей жилы, т. е. посредине треугольника, проходит сплошь обогащенная полоса, от которой содержание убывает в обе стороны.

Если выход жилы располагается по простиранию склона, то делювиальная россыпь имеет в плане форму трапеции (фиг. 23, III). Здесь



Фиг. 23. Форма делювиальной россыпи в плане при различных положениях коренного месторождения.

разубоживание россыпи происходит за счет перемешивания материала в вертикальном направлении и лишь для концов жилы имеет значение и рассеяние металла в бока. Оконтуривая подобную россыпь по ширине в нескольких точках, мы уже не можем, как в случае гнезда, приблизительно наметить экстраполяцией положение коренного выхода жилы, так как нам неизвестна ее длина. В этом случае лучше базироваться на распределении металла по вертикали: если содержание металла равномерно убогое с самой поверхности, то коренной выход далеко. Если содержание начинается на некоторой глубине и увеличивается к нижним слоям делювия, то коренной выход недалеко, и тем ближе, чем ниже в разрезе делювия залегает металлоносный слой и чем более резко он выражен.

Если выход жилы пересекает склон наискось, то делювиальная россыпь имеет в плане форму неправильного четырехугольника (фиг. 23, IV). Это, пожалуй, наиболее сложный случай при рудных поисках. Если месторождение представлено рядом изолированных гнезд, то каждое из них дает делювиальную россыпь треугольной формы. Отдельные россыпи могут накладываться друг на друга и сливаться, создавая иногда очень неясную картину.

Наконец, если коренное месторождение представляет равномерную вкрапленность в большой массе породы, то и делювиальная россыпь обладает примерно таким же равномерным содержанием металла, не изменяющимся заметно как в вертикальном, так и горизонтальном направлении.

Все те процессы обогащения россыпи металлом, которые протекают в элювии вследствие постепенной убыли общей массы обломочного материала, имеют место и в делювиальных россыпях, но в сравнении с разубоживанием россыпи, вследствие перемешивания, роль их ничтожна. Наибольшее значение имеют размельчение кусков руды и освобождение из нее металла.

В делювии этот процесс идет более интенсивно, нежели в элювии, так как элювиальный материал находится в относительном покое, и даже сильно выветрелые куски руды не распадаются, предохраняя тем свои внутренние части от выветривания. Делювиальный материал находится в постоянном движении, и возникновение в куске руды трещины достаточно для того, чтобы вскоре же он распался по ним на более мелкие обломки.

Чем совершеннее размельчение руды в делювии, тем больший процент металла будет сконцентрирован в аллювиальной россыпи и тем богаче она будет при одинаковом богатстве коренного месторождения. В коллювии условия для измельчения руды менее благоприятны. Во-первых, он, если и находится в движении, то крайне слабо по сравнению с движением делювия. Во-вторых, материал коллювия непрерывно перекрывается новыми, прибывающими со склонов его массами, предохраняющими его от воздействия выветривания. Но все же и в коллювии может продолжаться дальнейшее измельчение руды, не законченное в делювии.

Скалистые склоны наименее благоприятны для совершенного измельчения руды. Куски породы, отделяющиеся от коренного выхода, очень быстро, иногда моментально, скатываются к подножию склона и концентрируются здесь в конусах осыпей. Поэтому на очень скалистых склонах элювиально-делювиальные россыпи, по существу, отсутствуют, если не считать тех узких полосок, вдоль которых происходит осыпание материала к подножию склона. Весь металлоносный обломочный материал концентрируется у подножия таких склонов в сильно каменистых коллювиальных образованиях. При их перемыке проточными водами даже из богатых коренных месторождений могут возникнуть бедные аллювиальные россыпи, так как значительная часть металла остается заключенной в породе.

Склоны, покрытые делювием, по характеру металлоносных россыпей можно разбить на две группы: с одной стороны, это склоны, покрытые каменными россыпями, с другой — покрытые рыхлым, земляным делювием лишь с той или иной примесью каменистого материала. К последним относится все сказанное выше о делювиальных россыпях.

На склонах же, покрытых каменными россыпями, следует различать содержание и распределение металла в самой каменной россыпи и в подстилающем ее слое мелкого делювия. Если руда является крепкой и с трудом поддается размельчению (например, бедный сульфидом крепкий кварц), то куски ее будут сосредоточены преимущественно в каменистом слое делювия, а подстилающий его мелкий делювий будет почти пустым. Если руда неустойчива (богатый сульфидами кварц, кварц с карбонатами, сильно давленный кварц), то обломки ее будут сосредоточены лишь в нижнем слое делювия, а каменная россыпь будет от них совершенно свободна. В этом случае рудные поиски будут очень сильно затруднены, так как для опробования делювия будет необходимо разбирать каменную россыпь до самого основания (до слоя мелкого делювия) иногда на глубину нескольких метров. В подобных условиях очень большую помощь поисковику может оказать знакомство с околожильными изменениями вмещающих пород (см. гл. III).

При любом характере склона, чем он круче, тем быстрее делювиальный обломочный материал прибывает от места выхода месторождения

к подножию склона. Так как в коллювии размельчение руды идет сильно замедленным темпом, то в одинаковых прочих условиях в долинах с крутыми склонами освобождается из породы меньший процент металла, чем в долинах с пологими склонами, что, конечно, не остается без влияния на богатство аллювиальных россыпей.

Благодаря непрерывному перемешиванию делювия при его оползании по склону, золото, заключенное в делювиальной россыпи, подвергается некоторой обработке: наиболее выступающие углы золотинок обминаются, обжимаются, расплющиваются и сами золотишки принимают как бы «окатанную» форму. Чем выше по склону расположено коренное месторождение, тем больший процент таких «окатанных» золотишек может присутствовать в коллювии. Наоборот, при расположении месторождения вблизи подножия склона в коллювии присутствует исключительно неокатанное, угловатое, «рудное» золото.

7. Примеры элювиально-делювиальных россыпей

Разработка элювиально-делювиальных россыпей по времени обычно бывает связана с начальным периодом разработки коренных месторождений, но не с разработкой аллювиальных россыпей. Почти каждое коренное месторождение сопровождается вблизи своего выхода элювиально-делювиальной россыпью, но сравнительно небольшое число последних имеет самостоятельное промышленное значение. Большинство вырабатывается попутно при разработке верхних горизонтов коренного месторождения или при его разведке.

Одними из наиболее известных элювиальных россыпей являются россыпи Западной Австралии. Их образование шло, повидимому, двумя последовательными этапами. Первый этап заключался в интенсивном химическом выветривании самих золоторудных жил и вмещающих изверженных пород и сланцов. В округе Кальгурли выветривание дошло до конечной стадии и привело к образованию толщи золотоносных латеритов. Так как латеритное выветривание может протекать сколько-нибудь заметно лишь в условиях жаркого и влажного климата, надо думать, что в это время климат Западной Австралии заметно отличался от ее современного пустынного климата. В настоящее время резко преобладают процессы физического выветривания. Золотоносные породы до глубины 25—60 м превращаются в элювий, состоящий из щебня и пыли. Ввиду отсутствия в районе воды процессы обогащения элювия золотом протекают за счет выдувания. При этом мелкие частицы золота перемещаются силой тяжести по тонким трещинам вниз, благодаря чему процесс обогащения местами распространяется до глубины 30 м. Добыча золота из этих россыпей производится путем промывания.

В округе Кальгурли химическое выветривание дошло лишь до каолиновой стадии. Россыпи залегают в расстоянии около 300 м от выходов золото-кварцевых жил, представляя пример элювиально-делювиальных россыпей, смещенных ветром (эоловые россыпи). Содержание в них золота доходит до 60 г/м³.

Во Французской Гвиане (Южная Америка) коренными месторождениями золота являются сильно пиритизированные в связи с гранитной интрузией диориты и диабазы; содержание в них золота колеблется от 0,24 до 2,00 г/т. Благодаря жаркому и влажному климату они подвергаются интенсивному химическому выветриванию с образованием сильно железистых латеритов. Так как при этом общая масса материала сильно уменьшается благодаря выщелачиванию, латериты сильно обогащены золотом; обычно содержание в них около 18,5 г/т, доходя местами до

73 г/т. Добыча золота из этих латеритов: 1913 г. — 4590 кг, 1923 г. — 1383 кг, 1924 г. — 1975 кг, 1925 г. — 1251 кг.

В Южных Аппалачах (Северная Америка) наиболее значительные россыпи также относятся к элювиальным. Вмещающие породы здесь на глубину 15—30 м подверглись интенсивному химическому выветриванию. Элювий золото-кварцевых жил скапливается на их поверхности. Благодаря весьма несовершенному освобождению золота из породы, при разработке этих россыпей применяют комбинированный способ: подвергают обломочный материал промывке на шлюзах, а неразрушенные куски кварца пускают в протолочку.

У нас из элювиальных россыпей практическое значение имеют платиновые россыпи Урала. Коренные месторождения платины сосредоточены здесь в массивах ультраосновных изверженных пород (дуцитов), в которых рассеяны многочисленные обогащенные платиной и хромитом гнезда. Чрезвычайно убогое содержание платины наблюдается и во всей массе дунита. Вся поверхность дунитовых массивов покрыта слоем элювия той или иной мощности. На вершинах возвышенностей он всего лишь порядка 20 см, на склонах доходит до 35—70 см, а у их подножия утолщается местами до нескольких метров.

Переход коренного дунита в элювий постепенный. В верхних своих частях дунит сильно выветрелый, в значительной мере превращенный в змеевик. Выше он разрушен в щебенку, к которой примешивается то или иное количество бурой глинистой массы. Кверху количество щебенки уменьшается, и верхняя часть элювия представляет бурый суслинок с небольшим количеством щебня. В общем разрез элювиальной россыпи таков:

Растительный слой	0,20—0,30 м
Бурые суглилки со щебнем	0,20—4,00 »
обычно	0,35—1,40 »
Платиноносные пески — щебень с глиной	0,20—2,80 »
обычно	0,35—1,40 »

Убогое содержание платины наблюдается во всей массе элювия, более значительное — в нижних его частях вблизи выходов коренных платиноносных гнезд. При разработке таких россыпей часто открывали и расположенные под ними коренные гнезда.

Золотосные элювиальные россыпи в пределах Союза самостоятельного промышленного значения не имеют. Обычно они вырабатывались в связи с коренными месторождениями, из которых образовались. На Урале большинство их давно выработано. В других районах они вырабатываются по мере открытия коренных месторождений. Запасы золота в них сравнительно невелики.

Из числа россыпей, выработанных сравнительно недавно, можно отметить элювиальные россыпи Золотой Горы (Зейский район). Они представляют верхние части золоторудных жил, превращенные в элювий до глубины 10—15 м. Ниже этого горизонта жилы разрушены лишь в отдельных небольших участках. Разрушению подверглись преимущественно части жил, богатые сульфидами или кальцитом. Кварц разрушен значительно меньше. Золотосные элювиальные пески состоят из дресвы слагающих жилы минералов, окрашенной в буровато-красный и зеленоватый цвета окислами железа и медными соединениями. Содержание золота в этой массе весьма неравномерное.

Весьма интересная делювиальная россыпь обнаружена летом 1935 г. в Аллах-Юнском районе. Выход золото-кварцевой жилы расположен на крутом склоне, на высоте примерно 140 м, над руслом небольшого ключика, текущего в узком и крутом распадке. Россыпь тянется вниз

по склону на 70 м от выхода жилы и далее вниз пока не прослежена. Ширина россыпи около 40 м. Мощность делювия невелика, от 0,5 до 1 м. В нем преобладают плоская щебенка глинистого сланца (около 60 %) и мелкие песчано-глистые частички (около 30 %). Угловатые глыбы и щебень кварца с видимым золотом составляют около 10 % обломочного материала; отдельные глыбы кварца достигают размеров $40 \times 30 \times 15$ см³. Россыпь пока еще совершенно не изучена и лишь очень приблизительно оковтурена (по присутствию кварца). Она предназначена к изучению и выработке.

Очень хорошее содержание мелкокристаллического золота, иногда в прекрасно образованных кристаллах, наблюдалось местами в элювии золоторудных жил в Колымском районе.

Что касается тех россыпей, которые залегают в речных долинах под толщей речных отложений, в верхних, элювиальных частях плотика и которые часто описываются как россыпи элювиальные (например, россыпи Ленского района), то обычно они ничего общего с элювиальными россыпями не имеют и представляют типичные аллювиальные россыпи.

Глава VI

РЕЖИМ ГОРНЫХ РЕЧЕК И КЛЮЧЕЙ

Металлоносный обломочный материал, накапливающийся в коллювии, подвергается в дальнейшем переносу, обработке и отложению водными потоками. Так образуется наиболее широко распространенный и имеющий наибольшее промышленное значение тип россыпных месторождений — аллювиальные россыпи.

Аллювиальные россыпи не требуют для своего образования каких-то особых условий режима водных потоков. Лучшим доказательством этого является то, что во многих золотоносных районах образование их происходит и в настоящее время и может непосредственно нами наблюдаться. Вместе с тем, образование аллювиальных россыпей не является процессом, непрерывно идущим во все время существования водного потока, но приурочено к вполне определенным, довольно кратковременным фазам развития речных долин.

Поэтому, для того, чтобы понять механизм образования аллювиальных россыпей, а вместе с тем и многие особенности их строения, необходимо ознакомиться, с одной стороны, с режимом горных рек и ключей и переносом ими обломочного материала, с другой стороны, с закономерностями развития речных долин. Для режима водных потоков основное значение имеют источники их питания.

Большинство золотоносных районов нашего северо-востока находится примерно в одинаковых условиях сурового субполярного климата, в связи с чем обладает и одинаковыми источниками питания рек. Среди этих источников наибольшее значение имеют: 1) таяние снега весной, 2) летние дожди, 3) оттаивание почвенной мерзлоты, гольцового льда и наледей, 4) выходы грунтовых вод.

В большинстве районов уже с половины сентября прекращается таяние снега, выпадающего на высоких гольцах, а с начала октября повсеместно образуется снеговой покров. Зима длится в течение семи месяцев, примерно с 1 октября по 1 мая, а в некоторые годы продолжительность ее доходит до восьми месяцев. За это время скапливается колоссальное количество снега; в бассейне р. Большого Нимгера (Алданский район) я наблюдал 14 мая 1927 г. среднюю мощность снегового покрова в 1,25 м. В долине рч. Донышко (Колымский район) 30 мая 1933 г. я на протяжении около 20 км наблюдал мощность снега в 2—2,5 м.

Сохраняясь до очень теплого времени, этот снег подвергается очень быстрому таянию и в течение очень короткого срока дает в реки колоссальное количество воды, вызывающее очень крупные весенние половодья. Так, например, в Алданском районе весенний расход воды в р. Томмот в 13,6 раза более летнего расхода, а в рч. Талой — в 15 раз.

Исключение представляют лишь такие районы, как Аллах-Юнский, где в течение зимы выпадает очень незначительное количество снега

и где благодаря этому не бывает очень большого весеннего половодья.

Таяние снега на гольцах задерживается и обычно происходит в течение значительной части июня. Там же, где он скопится благодаря надуванию ветром, снежным обвалом и пр., он часто сохраняется в течение всего лета, постоянно давая воду в смежные ключи.

Значительная часть талой весенней воды идет на пропитывание мохового покрова и насыщение болот. Стекая лишь очень постепенно, эта вода также питает реки в течение летних месяцев. Впрочем, значительная часть ее для использования реками теряется вследствие сильного испарения воды моховым покровом и болотистыми пространствами.

Летние дожди в общей своей массе дают рекам меньшее количество воды, чем весеннее таяние снега. На крутых склонах гольцов, покрытых каменными осыпями и лишенных растительного покрова, дождевая вода долго не задерживается и почти полностью стекает в реки. Более пологие возвышенности, обладающие рыхлым земляным делювием и покрытые растительным покровом, значительно менее благоприятны для использования реками как дождевой, так равно и снеговой воды.

Здесь значительная часть влаги испаряется растительным покровом, а где он недостаточно густ, — непосредственным нагреванием почвы солнечными лучами. Другая часть просачивается через делювий и поступает в сферу циркуляции грунтовых вод, неглубокой — в делювиальных и аллювиальных образованиях, или глубокой — в коренных породах. Третья часть стекает по поверхности в реки. Увеличению стока благоприятствует развитие почвенной мерзлоты, препятствующей воде пресачиваться.

Оттаивание почвенной мерзлоты по количеству поступающей в реки воды дает наибольший эффект на склонах гольцов, где мерзлота пользуется обычно повсеместным распространением, принимая часто весьма своеобразные формы гольцового льда.

Вследствие большой потери через испарение значительно меньше эффект от оттаивания почвенной мерзлоты на более пологих склонах. При этом процессе освобождается та вода, которая имеет своим первоисточником дождевые или снеговые воды и непосредственную конденсацию водяных паров воздуха при его циркуляции в мерзлой почве или при соприкосновении с ее поверхностью.

В районах сильного развития наледей последние также могут служить подсобным питанием рек в летнее время. Нередки наледи, имеющие длину в несколько километров при ширине в сотни метров и мощности льда в 3—4 м, т. е. содержащие по несколько миллионов кубометров льда. При летнем стании они дают значительное количество воды. Впрочем, это не является дополнительным источником питания реки, а лишь способом перенесения части ее зимнего расхода воды на летнее время.

Циркуляция грунтовых вод в условиях вечной мерзлоты пород не может быть очень интенсивной. В наших северных золотоносных районах не только рыхлые поверхностные образования, аллювиальные и делювиальные, но и коренные породы мерзлы на значительную глубину. Горные выработки, пройденные по коренным породам до глубины 100 м от поверхности в Алданском районе и 150 м в Колымском, не показывали никаких признаков исчезновения мерзлоты пород.

Значительно более благоприятные условия для циркуляции грунтовых вод создаются в толщах чистых, легко поддающихся выщелачиванию известняков. Подобные породы пользуются очень большим распространением в южной части Алданской плиты — в районах Верхне-Амгинском, Алданском, Хатынском, Тындинском, Учурском, Аимском. Они создают здесь весьма своеобразные и интересные условия циркуля-

дин грунтовых вод, накладывающие свой отпечаток на режим очень многих рек и ключей этих районов.

г. Геологическое строение всех этих районов в основных чертах одинаково. На абрадированной поверхности докембрия, представленного гранитами и гнейсами, т. е. породами почти водонепроницаемыми, залегают горизонтально или с очень слабыми наклонами толща кембрийских известняков в несколько сотен метров мощностью. Местами она сильно размыта, и на поверхности докембрия остались лишь сравнительно небольшие и довольно тонкие напластки известняков. Там, где она сохранилась во всю свою мощность, ее часто перекрывают пресноводные песчаники юры. По направлению к югу мощность известняков постепенно уменьшается, и в самых южных частях Алданской плиты юрские песчаники местами лежат непосредственно на докембрии.

Абразивная поверхность докембрия в общем очень слабо наклонена с юга на север (уклон $1-2^\circ$), но встречаются и местные уклоны с севера на юг и, несколько реже, в других направлениях. Местами многочисленные сбросы придают ей довольно сложный ступенчатый характер. При этом часто известняки залегают рядом с докембрием, на одной с ним высоте, отграничиваясь от него по вертикальной или круто наклонной плоскости сброса.

Благодаря своей трещиноватости юрские песчаники создают довольно благоприятные условия для циркуляции грунтовых вод. Но значительно лучше эти условия в известняках. Там, где последние достигают значительной мощности, в них очень развиты различные карстовые полости, которые служат прекрасными путями для циркуляции не только грунтовых вод, но и воздуха.

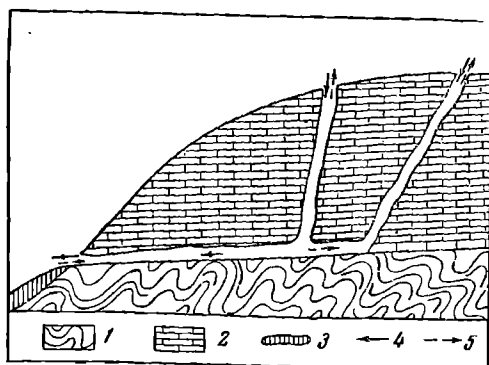
Вода, попадая с поверхности в толщу известняков, постепенно просачивается по трещинам и карстовым полостям вниз. Первый и единственный водоупорный горизонт, который она встречает на своем пути, это абразивная поверхность докембрия. Скапливаясь на ней, вода стекает по ее уклону и, достигнув дневной поверхности, дает громадное количество родников. Присутствие этих родников настолько характерно, что по их выходам на поверхность, даже при полной задернованности местности, можно очень хорошо проследивать геологическую границу известняков и докембрия.

В тех долинах, где обильны подобные выходы грунтовых вод, они приводят к весьма сильному развитию незамерзающих марей и водных таликов. К числу таких долин относятся, например, в Алданском районе долины р. Томмота и его притоков Большой и Малой Юхты, очень трудно проходимые летом. Причиной этого служит то, что грунтовые воды поступают в долины в течение круглого года, неизменно обладая одной и той же температурой несколько выше нуля. В среднем течении р. Тимптона, несколько ниже устья р. Чульмана, приток теплых грунтовых вод в русло Тимптона по границе юрских песчаников и докембрия настолько велик, что Тимптон, несмотря на жестокие морозы, не замерзает здесь на значительном протяжении всю зиму, и всю зиму здесь держатся утки.

Сильное развитие речных наледей в местах пересечения речными долинами границы известняков и докембрия является другим следствием водоносности этого горизонта. Если составить карту распределения наледей на территории всей южной части Алданской плиты, то увидим, что подавляющее большинство наледей, и притом самых крупных, располагается именно вдоль границы известняков и докембрия. При этом, конечно, необходимым условием образования наледей является то, чтобы уклон поверхности докембрия, а вместе с тем и сток грунтовых вод шел по направлению к речной долине, а не от нее. Знаменитые в свое

время (до проведения Алданского тракта) наледь по рч. Горбыляк (левый приток р. Тимптона) обусловлены поступлением в его долину большого количества грунтовых вод по границе юрских песчаников и докембрия.

Распределение воды между бассейнами смежных рек и часто между различными участками течения одной и той же реки также во многом зависит от положения абразивной поверхности докембрия. Классическим примером этого является отношение рр. Джеконды и Якокута в Алданском районе. Вершина р. Джеконды со всеми ключами безводна в течение почти целого года. Большая часть ее воды просачивается через



Фиг. 24. Схема циркуляции грунтовых вод и воздуха в известняках Алданской плиты.

1 — докембрий; 2 — известняки; 3 — зимняя наледь; 4 — направление движения воды и летнего воздуха; 5 — направление движения зимнего воздуха.

известняки до поверхности докембрия. Лишь часть ее поступает в Джеконду в ее среднем течении, где она пересекает границу известняков и докембрия; большая часть по поверхности докембрия стекает в бассейн р. Якокута.

Речка Талая, правый приток Якокута, имеющая сравнительно небольшой водосборный бассейн, обладает весьма большим дебитом, не уменьшающимся зимою. Основным источником ее питания является приток грунтовых вод из бассейна Джеконды, выступающих на поверхность частью по нор-

мальной границе докембрия с известняками, частью по линии сброса, где известняки упираются в крутую стену докембрия.

Река Малый Ыллымах весьма маловодна в верхнем течении и сразу приобретает значительное количество воды, переходя из известняков в докембрий. Наоборот, кл. Катарги, левый приток рч. Элькона, безводен на всем своем протяжении. Грунтовая вода не выступает на поверхность даже в нижнем течении ключа, где он вступает в породы докембрия: уклон поверхности докембрия идет навстречу течению ключа, и вся грунтовая вода стекает по ней в противоположную сторону.

Таким образом, абразивная поверхность докембрия является для всей южной части Алданской плиты главным и почти единственным водосносным горизонтом, в значительной мере регулирующим дебит рек, распределение наледей, незамерзающих марей и водных талпков.

Развитие в известняках Алданской плиты карстовых полостей и интенсивная циркуляция грунтовых вод приводят к некоторым особенностям их термического режима. Карстовые полости служат путями циркуляции не только грунтовых вод, но и воздуха. Как правило, они имеют две системы отверстий: выходные, расположенные вдоль границы известняков и докембрия, и входные, расположенные на значительно более высоком уровне. Эта разница уровней и разница в температуре наружного и внутреннего воздуха обуславливают существование в карстовых полостях постоянной тяги воздуха: летом холодный внутренний воздух вытекает через нижние отверстия, а взамен него внутрь засасывается через верхние отверстия теплый наружный воздух; зимою циркуляция идет в обратном направлении — через верхние отверстия выходит

более теплый внутренневий воздух, а через нпжние засасывается холодный наружный (фиг. 24).

Циркуляция грунтовых вод и воздуха приводит к уничтожению в известняках вечной мерзлоты вдоль путей циркуляции: температура выходящих из известняков грунтовых вод достаточно ясно об этом говорит. Если в толще известняков местами мерзлота и сохраняется, то лишь отдельными, замкнутыми участками, разобщенными между собою путями циркуляции вод и воздуха.

Циркуляция воздуха в толще известняков — это своего рода «дыхание известняковых толщ» — вызывает циркуляцию теплого воздуха и в покрывающих их рыхлых кластических образованиях — аллювиальных и элювиально-делювиальных. Так как этот воздух всегда теплый — и летом (нисходящая циркуляция) и зимою (восходящая циркуляция), то он очень сильно способствует уничтожению вечной мерзлоты. Вот почему на поверхности мощных известняковых толщ мы так часто встречаем безводные талики.

В то же время там, где сохранившиеся на поверхности докембрия известняки обладают небольшой мощностью, не создается благоприятных условий для образования карстовых полостей и свободной циркуляции грунтовых вод и воздуха. В этих условиях мы встречаемся с развитием на известняках сплошного покрова вечной мерзлоты.

В других золотосносных районах не удавалось подметить столь необыкновенно простой закономерности в распределении и путях циркуляции грунтовых вод.

Когда позволяет распространение вечной мерзлоты, циркуляция грунтовых вод в осадочных породах, песчаниках и глинистых сланцах идет более интенсивно, чем в породах изверженных и метаморфических. В песчаниках она происходит главным образом по трещинам отдельности, в глинистых сланцах — по плоскостям наслонения; но в районах с сильно развитым кппважем (Аллах-Ювский, некоторые участки Кольмского района) и в глинистых сланцах трещины кппважа начинают играть доминирующую роль для циркуляции грунтовых вод. И в Кольмском и в Аллах-Ювском районах местами встречаются небольшие выходы грунтовых вод среди глинистых сланцев, но изучением их никто не занимался и потому не установлено какой-либо закономерности в их распределении.

В метаморфических породах, вследствие их плотности, циркуляция грунтовых вод менее интенсивна, чем в породах осадочных. Различные сланцы более доступны для циркуляции, нежели гнейсы. Путями циркуляции служат плоскости славцеватости и трещины отдельности. Изверженные породы (граниты, сyenиты, порфиры и пр.) очень мало проницаемы для грунтовых вод. Обычные пути циркуляции — трещины отдельности и залебанды рудных жил.

Таким образом все выпадающие в данном районе осадки разделяются на три части, из которых одна подвергается испарению, другая — просачиванию и третья — непосредственному стоку в реки. Испаряющаяся часть совершенно теряется для использования ее реками. Просачивающаяся часть, циркулируя в качестве грунтовых вод в течение более или менее продолжительного срока, через некоторое время все-таки попадает в те или иные речные бассейны. Считают, что период полного стока просачивающейся части равен пяти годам. Эта часть обеспечивает рекам постоянное и равномерное питание, почти не зависящее от состояния погоды, значительно смягчая эффекты засушливых и влажных периодов.

Та часть атмосферных осадков, которая стекает в реки прямо по поверхности, составляет основной источник их питания, находящийся в тесной зависимости от состояния погоды.

В горных местностях коэффициент стока больше, чем в равнинных. Чем резче рельеф, чем круче склоны, тем больше сток. Он больше в водо-непроницаемых породах и в присутствии вечной мерзлоты, чем при ее отсутствии. Увеличению испарения способствуют плоский рельеф, раз-вигие болот и мохового покрова, сильные ветры и пр.

В тесной зависимости от источников питания находится в реках рас-ход воды. В течение зимнего периода реки питаются исключительно при-током грунтовых вод. Поэтому там, где грунтовые воды составляют незначительную часть питания рек, расход воды в последних зимою очень резко падает. Во многих наших северных золотоносных районах большинство рек промерзает до дна. Некоторые из них совершенно ли-шаются воды, в других она стоит лишь в самых глубоких уловах, понем-ножку просачиваясь из одного улова в другой сквозь донные речники. Значительное меньшинство рек, в том числе, конечно, наиболее крупные, имеют зимою русло, хоть насколько-нибудь наполненное водою. Но и в них зимою сохраняется лишь очень незначительная часть их нормаль-ного летнего расхода.

С наступлением теплого весеннего времени оживает деятельность грунтовых вод, значительно ослабленная зимними морозами. Приток воды в реки усиливается. Но особенно заметным это становится тогда, когда начинает поступать талая снеговая вода. В реках, имеющих зимою сухие русла, она сначала течет донными речниками, постепенно их запол-няя и повышая свой уровень. Затем начинает выступать в наиболее по-вышенных, глубоких частях русла и, наконец, заполняет его на всем протяжении, местами даже выступая на поверхность льда. Лед водою приподнимается, разламывается, и начинается ледоход. В очень многих реках, особенно где русло бывает заполнено льдом до самого дна, вода не имеет возможности поступать в русло и течет по поверхности льда. Сначала она разъедает покрывающий его снег, а затем и самый лед, промыв-ая в нем резко выраженное русло. Это так называемая верховая вода.

Она особенно характерна для небольших речек и ключей, где лед плотно примерзает ко дну и потому не может быть водою взломан. Но часто и в крупных реках весной по льду идет верховая вода. В среднем течении р. Тимптона я наблюдал в начале мая верховую воду, проевшую себе во льду русло около 10—15 м шириною и до 1—1,5 м глубиною при толщине льда в 2—2,20 м. Постепенно верховая вода проедает лед до дна реки и тогда частично поступает в донные речники и в русло. Если общий приток воды незначителен или если лед крепко примерз ко дну, то вода не в состоянии его поднять и разломать, а постепенно его разъедает. В этом случае ледохода не бывает.

Через некоторое время после того, как лед взломан или разъеден верховой водою, весеннее половодье достигает своего максимума. В это время река выходит из берегов, во многих местах их размывая, несет много сухого и свежесподытого леса, переносит громадное количество твердого материала как во взвешенном состоянии, так и волочением по дну. Рас-ход воды в реке в это время колоссален и обычно в 10—20—30 раз пре-вышает ее летний, меженный расход, в некоторых же реках это отношение даже превышает 100 : 1.

Период стояния высокой весенней воды зависит от мощности снего-вого покрова и интенсивного его стаявания. При дружной весне снег стает быстро, период половодья короче, но тем выше подъем воды. Прохладная весна содействует продолжительному половодью при сред-нем подъеме воды. Большие относительные высоты содействуют продол-жительному высокому стоянию воды, растягивая период таяния снега, но в то же время крутые склоны действуют в обратном направлении, облегчая сток.

По мере того как стекает талая весенняя вода, уровень воды в реках постепенно снижается, и они переходят к своему летнему режиму. В первой половине лета убыль талой весенней воды отчасти компенсируется тем, что благодаря повышению температуры воздуха увеличивается поступление воды от оттаивания почвенной мерзлоты, гольцового льда и наледей. Но во второй половине лета и эти источники начинают давать меньше воды. Так как приток грунтовых вод подвержен лишь небольшим колебаниям, то летний режим рек характеризуется общим понижением расхода в них воды, особенно во второй половине лета.

В августе-сентябре во многих речках и ключах вода едва сочится, особенно если под руслом расположен мощный слой пористых галечников. В этом случае вся вода может идти галечникам, и русло речки будет сухим. Река Якокут (Алданский район) в верхнем течении имеет сухое русло на протяжении нескольких километров. Речка Эльген (левый приток р. Буянды, Колымский район) имеет в сентябре сухое русло на протяжении свыше 10 км.

На фоне этого общего снижения расхода воды выпадающие летом дожди создают сравнительно кратковременные, но иногда весьма значительные паводки. В очень дождливое лето высокий уровень воды может держаться в реках до самой осени. Высота подъема и расход воды иногда бывают даже больше, чем во время весеннего половодья. Во время таких паводков, так же как и весной, переносится громадное количество твердого материала.

Летние паводки часто создают своеобразное подпруживание одной реки другой. Весной во всех реках одного и того же района высокая вода бывает примерно в одно время, поэтому весной явления подпруживания не пользуются большим развитием. Летом же часто бывает, что в бассейне одной реки проходит сильный ливень, и она очень вздувается, в то время как соседняя с нею река, где ливня не было, сохраняет свой обычный уровень. При их слиянии первая подпруживает вторую и может даже почти остановить ее течение на значительном протяжении.

В августе 1928 г. в бассейне р. Учтура прошли сильные ливни, вызвавшие большой паводок. В то же время в Алдане был нормальный уровень воды. При своем впадении в Алдан Учтур подпрудил его, приостановив течение на протяжении 30 км, и вызвал подъем воды в Алдане на 5 с лишним метров.

В сентябре поступление дождевой воды в реки уже много меньше, как потому, что значительные осадки для этого месяца не характерны, так и потому, что значительная их часть выпадает уже в виде снега. В более южных золотоносных районах выпадение снега начинается лишь в октябре.

При очень низком уровне воды в реках в конце сентября — первой половине октября начинается постепенное их замерзание. Оно происходит благодаря образованию так называемого «донного льда», нарастающего на гальке и валунах, покрывающих дно реки в виде рыхлой снегообразной пропитанной водой массы. Время от времени скопления донного льда всплывают на поверхность, увлекая с собою песок, гальку и даже более крупные камни. Всплывший на поверхность донный лед носит название «шуги» или «сала».

Массы шуги, плывя по течению, толкаются друг о друга, постепенно уплотняются и приобретают форму округлых, овальных или полигональных пластин той или иной толщины. Эти пластины, плывя по поверхности реки, благодаря низкой температуре воздуха очень быстро смерзаются в крепкие льдины, которые и играют основную роль при замерзании рек.

Когда количество этих льдин достаточно велико, а их толщина и крепость значительны, они в отдельных участках течения, главным образом на крутых заворотах, образуют заторы, которые весьма быстро смерзаются в сплошную весьма крепкую ледяную кору. Так как выше такого затора течение реки продолжается, то сюда продолжают прибывать как более крепкие льдины, так и массы рыхлого донного льда.

Часто они подбиваются течением под образовавшуюся ледяную кору, почти совершенно перегораживая живое сечение русла, чем вызывают весьма быстрые и значительные подъемы воды выше таких заторов. Подъем воды приводит к прорыву затора, но вскоре образуется новый затор в том же или в новом месте. Вскоре после начала образования заторов происходит ледостав, и лишь наиболее быстрые участки течения могут оставаться свободными от льда еще в продолжение весьма значительного срока.

После ледостава начинается постепенное увеличение толщины ледяной коры благодаря нарастанию льда на нижней ее поверхности. Это нарастание идет как за счет замерзания воды, так и за счет примерзания к нижней поверхности ледяной коры масс донного льда. Процесс увеличения толщины льда идет постепенно замедляющимся темпом, так как чем толще становится лед, тем менее сказывается на его нижней поверхности низкая температура наружного воздуха.

Толщина ледяного покрова, образующегося на реке в течение зимы, зависит: от продолжительности зимнего времени, температуры наружного воздуха, толщины снегового покрова и скорости течения. Максимальная толщина речного льда, которую мне удавалось наблюдать при сравнительно благоприятных условиях его образования, 220 см. Думаю, что предельная толщина речного льда при исключительно благоприятных условиях его образования не превышает 250—300 см.

На толщину ледяного покрова могут оказывать влияние и чисто местные причины. Так, например, изобилие в русле реки крупных валунов способствует более глубокому ее промерзанию, так как валуны обладают большей теплопроводностью, нежели речной лед, и являются путями более быстрого охлаждения речной воды. Наоборот, большой приток в реку грунтовых вод значительно уменьшает толщину ледяного покрова на ней и может даже повести к образованию таликов, не замерзающих всю зиму.

В тех случаях, когда на реке зимою имеют место явления наледей, никакого ограничения для толщины образующегося при этом льда нет. Явления наледей обусловлены несоответствием между расходом воды в реке и сильно уменьшенным, благодаря промерзанию, живым сечением русла. Вода, не помещающаяся в русло, выступает на поверхность льда и течет по ней до тех пор, пока не замерзнет; на ее поверхность выступает новая порция воды, которая также вскоре замерзает. Так продолжается до тех пор, пока не уменьшится приток воды в русло реки. Обычно это бывает в декабре, но если река в значительной мере питается притоком грунтовых вод, то наледи могут продолжаться в течение всей зимы. При этом образуется колоссальная толща слоистого льда. Максимальная мощность наледного льда, которую мне приходилось наблюдать, была 4—4,5 м в июле месяце. По рассказам очевидцев, иногда она достигает 5—6 м. Более подробно наледи будут охарактеризованы при рассмотрении гидрогеологии россыпей.

Глава VII

ПЕРЕНОС РЕКАМИ ТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА

1. Строеие русла и берегов

Количество переносимого рекою твердого материала зависит от уклона русла, массы воды и скорости течения. Последняя может очень сильно меняться в различных частях русла в зависимости от строения самого русла и его берегов.

Прямолинейное направление русла для рек не характерно. Достаточно вспомнить бесчисленные ключи и речки, орошающие золотonosные районы, чтобы убедиться в том, что обычно они текут, прихотливо и виваясь, делая завороты то в одну, то в другую сторону. При более извилистом течении образуются излучины, а при еще более извилистом — меандры. Размеры излучин зависят от многоводности реки: в небольших ключах длина излучин выражается метрами и десятками метров; в более крупных — сотнями метров, а реки имеют излучины длиной в километры и даже десятки километров. Вместе с длиной излучин увеличивается и радиус их кривизны, т. е. в небольших реках завороты течения круче, чем в крупных.

Насколько характерна для рек извилистая форма течения, показывают опыты спрямления русла рек, производившиеся в Западной Европе. Реки, введенные в прямолинейные берега, вскоре же начинали их размывать и через некоторое время вновь приобретали извилистое течение.

В каждой излучине один берег вогнутый, другой — выпуклый. Так как река описывает излучины то в одну, то в другую сторону, то каждый берег становится попеременно то вогнутым, то выпуклым. Две соседних излучины соединяются между собою небольшим участком прямолинейного течения: здесь один берег переходит из вогнутого в выпуклый, другой — наоборот (фиг. 25).

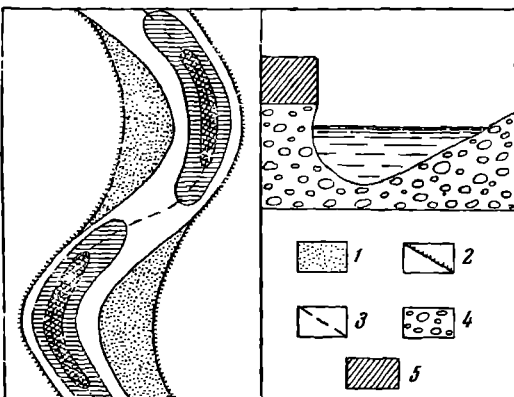
Благодаря развитию центробежной силы на заворотах течение реки прижимается к вогнутому берегу и усиленно его подмывает. В то же время, вдоль выпуклого берега идет отложение материала; поэтому обычно вогнутый берег реки крутой, выпуклый — пологий. По той же причине поперечный профиль русла на заворотах несимметричен: наибольшая глубина расположена вблизи подмываемого вогнутого берега, откуда она постепенно убывает к выпуклому берегу.

В продольном профиле русла максимальные глубины располагаются на заворотах, минимальные — на соединяющих их прямолинейных участках. Участки максимальных глубин называются плесами, минимальных — перекатами. Глубокие плесы с тихим течением на припсках называют также уловами. Так как линия максимальных глубин (фарватер) располагается вблизи вогнутого берега, то на перекатах она переходит от одного берега к другому. Максимальная и минимальная глубины обычно располагаются не точно в середине заворота и в середине прямого участка, а несколько сдвинуты по отношению к ним вниз по течению.

В тесной зависимости от формы русла находится распределение в нем скорости течения. В поперечном сечении русла максимальная скорость течения располагается вдоль фарватера в расстоянии примерно $\frac{1}{3}$ глубины от поверхности. Отсюда она несколько убывает к поверхности

и более заметно — по направлению к берегам и дну. Таким образом вблизи вогнутого берега скорость течения больше, чем вблизи выпуклого (фиг. 26).

Распределение скорости течения в продольном профиле русла очень сильно зависит от уровня в нем воды. При малой воде скорость течения на плесах меньше, на перекатах больше; в половодье наблюдается обратная картина: максимальная скорость течения на плесах, минимальная на перекатах. Кому приходилось много плавать по горным речкам, тот



Фиг. 25. Извилистая форма русла и распределение глубин.

1 — навываемый берег; 2 — подываемый берег; 3 — фарватер; 4 — галечник; 5 — ил.

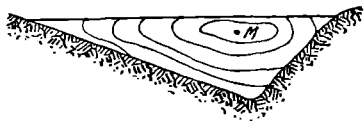
хорошо знает, что в большую воду перекаты, даже весьма значительные, бывают совсем незаметны. Наоборот, наибольшая скорость течения наблюдается именно на заворотах.

Следует подчеркнуть, что все сказанное о распределении плесов и перекатов вдоль русла и о распределении скорости течения на плесах и перекатах вполне справедливо лишь для рек, русло которых сложено рыхлыми речными наносами, легко поддающимися размыву, благодаря чему оно легко может менять свою форму и очертания. Что касается рек, русло которых сложено коренными породами, то в них могут наблюдаться совершенно иные соотношения. О них будет сказано в гл. XII.

Большое влияние на перенос твердого материала оказывает самый характер течения реки. Основной его особенностью является турбулентность, заключающаяся в том, что, кроме общего поступательного движения всей массы воды, внутри нее происходят весьма значительные относительные перемещения, преимущественно вихреобразного характера.

Завихрения (водовороты) образуются самого разнообразного размера и различным образом ориентированные. Особенно сильные завихрения при быстром течении и неровном дне. В некоторых участках русла иногда возникают сильные противотечения, которые обычно отделяются от главной струи целым рядом водоворотов.

На крутых заворотах и вся масса воды имеет в значительной мере винтообразное движение. Именно по поверхности вода, кроме поступательного движения вдоль фарватера, движется также от середины реки к вогнутому берегу, около него опускается вниз и вблизи дна идет



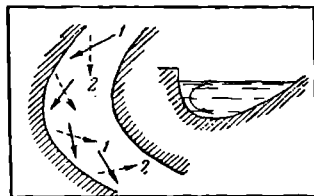
Фиг. 26. Линии равных скоростей в поперечном профиле русла.

от вогнутого берега к вышуклому. Сплавщики, и особенно лодманы, прекрасно знакомы с этим явлением, когда плот или карбаз течением «прижимает» к берегу (фиг. 27).

Турбулентность течения значительно облегчает перенос рекою взвешенного твердого материала и во много раз увеличивает его массу.

2. Способы передвижения твердого материала

Твердый материал переносится реками в четырех видах: 1) растворенным, 2) взвешенным, 3) включенным во льду и 4) волочением по дну. Другие способы, хотя и мыслимы (например, в корнях подмытых деревьев), но имеют ничтожное значение.



Фиг. 27. Направление течения на заворотах в плане и поперечном профиле русла.

1 — течение на поверхности; 2 — у дна.

Растворенный материал выносится в реки поступающими в них грунтовыми водами, а также водами, стекающими со склонов возвышенностей. Это тот материал, который выщелачивается из коренных пород при их выветривании. Вода, содержащая в растворе те или иные минеральные вещества, называется минерализованной. Степень минерализации речной воды может быть очень различной. Наиболее минерализованной является вода рек, текущих среди легко растворимых пород, например известняков (растворимость известняка в воде, насыщенной углекислотой, составляет 1000 г/т). Чаще всего степень минерализации речной воды близка к 150 г/т.

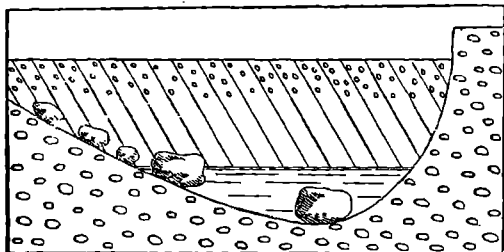
Материал, переносимый рекою в растворенном состоянии, не оказывает на образование россыпей никакого влияния. Некоторые считают, что в уже образовавшейся россыпи золото может перемещаться химическим путем, т. е. растворяясь в воде и вновь выделяясь из раствора в другом месте. В этом случае растворенные в воде вещества играют активную химическую роль. Подробнее об этом будет сказано в гл. XXIV, разделе 6.

Взвешенный материал в более крупных реках составляет главную массу переносимого ими материала и во много раз превышает количество материала, перемещаемого волочением по дну. Количество взвешенного материала составляет для рек Средней Европы от 5 до 100 г/м³. Для большинства горных рек оно составляет от нескольких сот до 1000 г/м³.

При прочих равных условиях количество переносимого взвешенного материала возрастает с увеличением скорости течения, но какой-либо определенной зависимости между ними установить нельзя. Мутность воды, например, очень сильно зависит от характера берегов и ложа реки. Равнинные реки, текущие среди илистых или глинистых берегов или по илистому ложу, обладают довольно мутной водой даже при очень небольших скоростях течения. Наоборот, горные реки имеют мутную воду только во время половодья, весной или после сильных дождей, когда в них смывается много мелкого илистого материала сбегающими со склонов водами. При спаде высокой воды отложенный во время половодья материал остается выше уровня реки, а остальной очень быстро выносится рекою в ее низовье. Так как поступления нового илистого материала в реку при малой воде нет, а берега и дно ее сложены галькой, то, несмотря на большую скорость течения, вода в реке остается кристально прозрачной.

Чем больше скорость течения, тем крупнее материал, который может поддерживаться во взвешенном состоянии. Материал этот непрерывно стремится опуститься на дно, но этому препятствует турбулентность течения, благодаря которой в воде образуются восходящие токи, поддерживающие частицы во взвешенном состоянии. Таким образом крупность взвешенного материала зависит не столько от скорости самого потока, сколько от скорости восходящих токов в нем.

Громадное значение имеет также форма взвешенных частиц. Частица тем медленнее опускается в воде, чем больше ее поверхность, на которую действуют восходящие токи воды. Поэтому из двух частиц одинакового



Фиг. 28. Схема распределения включений твердого материала во льду.

веса и объема более плоская частица будет значительно легче поддерживаться во взвешенном состоянии. Так, например, тонкие чешуйки золота, несмотря на свой, иной раз, довольно значительный вес, сравнительно легко поддерживаются во взвешенном состоянии; восходящие токи воды действуют на их поверхность, как ветер на крылья планера.

Перенос материала во взвешенном состоянии имеет громадное значение для процесса образования косовых россыпей.

Материал, включенный в лед, играет сравнительно скромную роль, но иногда может объяснять некоторые особенности литологического состава россыпей, на первый взгляд непонятные. Твердый материал может попадать в речной лед при образовании донного льда, при промерзании рек до дна, а также при осыпании и оплывании делювия весною с крутых берегов рек.

Донный лед, как уже отмечалось, при своем образовании поднимает со дна довольно значительное количество твердого материала. Поэтому верхние слои речного льда, образующиеся за счет уплотнения и смерзания всплывающего донного льда, обычно очень богаты разнообразного размера минеральными частицами. Нижние слои речного льда, образующиеся путем постепенного промерзания воды, почти совсем свободны от примеси твердого материала. Но когда промерзание доходит до дна, количество включенного во лед твердого материала резко увеличивается. Прежде всего вмораживают в лед валуны, лежащие на дне реки и выдающиеся над его общим уровнем. Когда промерзание доходит до самого дна, то в лед может вморозить весьма значительное количество гальки. Все эти валуны и галька весною, когда лед взламывается, остаются в нем и переносятся на то или иное расстояние. Когда дно русла сложено коренными породами, то нередко лед очень крепко к ним примерзает и, если они достаточно трещиноваты, может весною выламывать значительные их куски (фиг. 28).

Грузоподъемность льда довольно велика. Один кубометр льда весит примерно 917 кг, т. е. может поднять 83 кг. Удельный вес большинства горных пород около 2,65, а в воде 1,65. Таким образом 1 м³ льда поднимает около 50 дм³, или 133 кг каменного материала. Учитывая значительную мощность речного льда в северных золотоносных районах и иногда весьма значительные размеры льдин, не приходится удивляться, что

льдом могут переноситься очень крупные валуны. Так, например, льдина толщиной в 2 м и площадью $5 \times 4 \text{ м}^2$ может перенести валун объемом в 2 м^3 и весом в 5300 кг.

По мере таяния плывущего льда заключенный в нем каменный материал освобождается и падает на дно в самых случайных местах. Поэтому иногда в аллювиальных отложениях мы можем встретить среди мелкого галечного материала неожиданно крупные единичные валуны или среди хорошо окатанного, сортированного материала крупные угловатые глыбы и щебень, выломанные из коренного дна. Весь такой неожиданный материал обычно бывает принесен льдами. Льдины, обремененные крупными валунами, благодаря своей глубокой осадке очень часто застревают на перекатах. Кроме того, на перекатах благодаря более быстрому и бурному течению нередко крупные льдины разламываются на части и освобождают заключенные в них валуны. Поэтому большой процент переносимых льдом валунов отлагается именно на перекатах. В тех реках, где присутствуют участки течения, очень богатые валунами (пороги, валунистые перекаты), ниже их, часто на протяжении нескольких десятков километров, все более или менее значительные перекаты содержат заметное количество валунов, принесенных льдами. Прекрасный пример подобного распределения гранитных валунов ниже порогов представляет в Колымском районе р. Боханча, знаменитая своими порогами. Последние сложены элювиальными и ледниковыми (моренными) гранитными валунами, которые разнесены отсюда плывущими льдами в область развития глинистых славцев на десятки километров вниз по реке.

Перенос материала в о л о ч е н и е м п о д н у в крупных реках играет подчиненную роль по сравнению с переносом во взвешенном состоянии. В более мелких горных речках роль его увеличивается. Для образования аллювиальных россыпей этот способ переноса играет исключительно важную роль, почему на нем надо остановиться несколько подробнее.

3. Движение донных наносов

При небольших скоростях течения передвижение наносов, покрывающих дно реки, происходит путем перекатывания по дну отдельных галек. Размер передвигаемых галек находится в тесной зависимости от скорости течения. Математическим путем было установлено, что масса отдельных передвигаемых галек пропорциональна шестой степени скорости течения. Например, если скорость течения увеличивается в два раза, крупность перемещаемой гальки увеличивается в $2^6=64$ раза; при увеличении скорости в три раза крупность гальки увеличивается в $3^6=729$ раз. Поэтому неудивительно, что горные речки, в малую воду перемещающие по дну лишь небольшие гальки, во время половодья тащат громадные валуны.

Математические вычисления были проверены и подтверждены экспериментальным путем. Экспериментально было установлено, что обломочный материал начинает двигаться при следующих скоростях течения:

1. Мелкий песок	0,162 м/сек
2. Крупный песок	0,216 »
3. Мелкая галька	0,312 »
4. Средняя галька	0,650 »
5. Крупная галька	0,975 »
6. Галька диаметром 27 мм	0,97 »
7. » » 54 »	1,62 »
8. Камни объемом 82 см ³	2,27 »
9. » » 558 »	3,25 »
10. » » 1116 »	4,87 »
11. » » 5,6—8,4 дм ³	11,69 »

Здесь цифры 1—5 относятся к средней скорости течения, 6—11— к поверхностной скорости.

Следует отметить, что передвижение гальки зависит больше всего от донной скорости течения. Последняя благодаря турбулентности течения далеко не везде одинакова: в отдельных небольших завихренниях, двигающихся вниз по течению, она может неожиданно резко увеличиваться, и вдоль пути такого завихрения многие гальки окажутся смещенными, тогда как соседние с ними, может быть и меньше по размерам, останутся неподвижными. Этим объясняется то, что при наблюдениях над перемещением отмеченной гальки в них нельзя установить какой-либо правильности: отдельные сдвинутые гальки кажутся совершенно случайно выхваченными из общей их массы.

С увеличением скорости течения очень быстро увеличивается не только размер отдельных галек, но и общая масса перемещаемого материала. Какой-либо математической зависимости между скоростью течения и количеством перемещаемого по дну твердого материала пока не установлено. Помимо скорости течения очень большое влияние может оказывать общая масса воды в реке и уклон русла.

Главная масса материала переносится реками по дну во время половодья, так как при этом очень сильно возрастает не только скорость течения, но и масса воды. Если в малую воду перемещение материала совершается путем перекатывания отдельных галек, то в половодье все эти перемещения сливаются в движение определенного слоя донных наносов.

Мощность движущегося слоя донных наносов может очень сильно варьировать. В обыкновенных горных речках золотосных районов она во время половодья измеряется несколькими дециметрами. Максимальная мощность в 3 м наблюдалась в 1878 г. на Верхнем Рейне.

Скорость и характер движения в различных частях движущегося слоя неодинаковы. Максимальная скорость движения наблюдается в самых верхних частях слоя, непосредственно на дне реки. В глубь слоя она очень быстро убывает и, наконец, делается равной нулю. При сравнительно небольших скоростях течения в верхних частях слоя преобладает перекатывание галек; с увеличением скорости течения становится преобладающим движение в полувзвешенном состоянии. Благодаря турбулентности течения более мелкие гальки поднимаются со дна и некоторое время влекутся во взвешенном состоянии, потом вновь опускаются на дно; попадая в новое сильное завихрение, они вновь от него отделяются. Иногда опускание на дно происходит с такой силой, что галька рикошетит и вновь от него отделяется. Таким образом каждая отдельная галька перемещается как бы прыжками, чередующимися с кратковременным влечением по дну. Чем быстрее течение и круче уклон, тем более крупная галька может так перемещаться и тем длиннее отдельные ее прыжки. На очень быстрых перекатах мне приходилось наблюдать движение в полувзвешенном состоянии очень крупной гальки, до кулака величиною.

Таким способом может перемещаться лишь галька самого верхнего слоя: в более глубоких слоях гальки перемещаются преимущественно скольжением друг по другу, частично сопровождаемым перекатыванием. Чем глубже, тем плотнее гальки прилегают друг к другу, вверху они держатся на некотором расстоянии одна от другой благодаря взаимным ударам при столкновении; здесь донный нанос как бы больше разбавлен водой.

Количество мелкого материала, ила и песка, также увеличивается с глубиной. В нижних частях движущийся донный нанос состоит из гальки, заключенной в разболтанный водою песок, т. е. нечто вроде плывуна. В верхних частях слоя песок в значительной мере вымывается из наноса

и переносится во взвешенном состоянии, почему и содержание его здесь меньше.

Когда вода в русле весною или после дождей начинает прибывать, скорость течения увеличивается, и из галечника, покрывающего дно, начинают вымываться цементирующие его плитные и песчаные частицы. Галечник становится более рыхлым, более подвижным и с увеличением скорости течения постепенно вовлекается в движение. По мере прибытия воды в реке так постепенно размываются и вовлекаются в движение все более глубокие слои донных наносов, и мощность движущегося слоя непрерывно возрастает.

При наиболее высокой воде она некоторое время остается постоянной, но как только вода начинает спадать, уменьшается и мощность движущихся наносов. Сначала закрепляется самый нижний слой гальки, который прекращает движение и постепенно цементируется песком и илом, отлагающимися в промежутках между гальками. Поверх него закрепляется следующий слой, и так продолжается, пока вода не спадет и массовое передвижение донных наносов прекратится.

В следующее половодье слой донных наносов вновь приходит в движение тем же порядком. Таким образом донные наносы периодически приходят в движение более или менее толстым слоем. Между этими периодами они перемещаются путем перекачивания отдельных галек. Тот слой донных наносов, который приходит в движение во время половодья, мы можем назвать активным слоем. Мощность активного слоя непостоянна, но зависит от величины половодья. Очень большое половодье может вовлечь в движение такой слой донных наносов, который в течение уже длительного периода не испытывал никаких перемещений. Наоборот, в засухливый период, при небольших половодьях, может оставаться в течение нескольких лет неподвижной часть донных наносов, обычно являющаяся активной.

Донные наносы, давно не участвовавшие в движении, обычно являются слежавшимися, сильно уплотненными и лишь с некоторым трудом поддаются размыву. Особенно трудно размываются сильно глинистые наносы. Поэтому иногда может случиться, что толщина активного слоя меньше, чем ей следовало быть по скорости течения, так как подстилающие его наносы сильно глинисты и с трудом вовлекаются в движение.

Благодаря тому, что скорость течения и глубина воды в различных участках русла очень сильно меняются, движение донных наносов не происходит равномерным слоем вдоль всего русла, а отличается значительными местными особенностями, к рассмотрению которых мы и перейдем.

4. Движение донных наносов в различных участках русла

В поперечном сечении русла максимальная мощность активного слоя располагается примерно под фарватером: здесь максимальная глубина воды и максимальная скорость течения. По направлению к берегам мощность активного слоя быстро уменьшается, и около берегов даже в высокую воду происходит лишь перекачивание отдельных галек.

На заворотах, где поперечное сечение русла несимметрично, максимальная мощность активного слоя также наблюдается ближе к вогнутому берегу. Но так как около этого берега наблюдаются нисходящие токи воды, прижимающие донный нанос книзу, а вблизи дна — токи от вогнутого берега к выпуклому, то и максимум активного слоя несколько сдвинут от фарватера в сторону выпуклого берега. Таким образом на заворотах отлогость дна, прилегающая к выпуклому берегу, является главной ареной движения донных наносов.

В продольном профиле русла движение донных наносов идет весьма неравномерно. Благодаря тому, что во время половодья скорость течения на плесах больше, чем на перекатах, и мощность активного слоя изменяется соответствующим образом. При переходе с переката на плес одновременно с увеличением скорости течения возрастает и мощность активного слоя за счет вовлечения в движение более глубоких слоев донных наносов. Наоборот, при переходе с плеса на перекат с уменьшением скорости течения уменьшается и мощность движущегося слоя за счет закрепления его нижних слоев.

Таким образом в высокую воду твердый материал выносится с плесов и отлагается на перекатах. Этот процесс протекает не только благодаря сравнительно равномерному движению донных наносов, но и благодаря завихрениям. Последние во время половодья достигают на заворотах значительной силы и, выхватывая со дна реки отдельные небольшие участки донных наносов, перемещают их вниз по течению, приводя к образованию на дне реки отдельных неправильных ям (вымоин), а несколько выше по течению — нагромождений гальки.

В межень соответственно иному распределению скорости течения наблюдается и другой режим донных наносов. В это время скорость течения настолько мала, что массовое передвижение донных наносов прекращается. На перекатах, где скорость течения в это время больше, происходит перемещение гальки путем перекачивания и лишь на наиболее быстрых и крутых перекатах происходит передвижение небольшого активного слоя. Так как на плесах скорость течения в это время меньше, то смываемый с перекатов материал там постепенно накапливается, т. е. процесс протекает обратно тому, что было во время половодья. Вместе с тем, в межень постепенно сравниваются вымоины и нагромождения гальки, образовавшиеся в половодье.

Помимо накопления наносов в продольном профиле русла происходит их накопление и в поперечном его сечении. Донное течение, идущее от вогнутого берега к выпуклому, несколько смещает в этом направлении донные наносы. Нисходящие токи вдоль вогнутого берега сильно облегчают его размыв, при котором на дно реки поступают новые количества твердого материала, также смещающиеся от вогнутого берега к выпуклому. Вблизи последнего уменьшается скорость течения и мощность активного слоя и происходит постепенное накопление твердого материала. Таким образом в русле реки передвижение донных наносов идет не только вниз по течению, но и от вогнутого берега к выпуклому.

5. Обработка переносимого материала

Аллювиальный обломочный материал заметно отличается от других его видов (элювий, делювий, коллювий) своей сортированностью и окатанностью. Сортировка и обработка обломочного материала производится в русле реки во время его переноса и начинаются как только коллювиальный материал попадает в сферу эрозионной деятельности водных потоков.

Поступление коллювиального материала в русла рек может совершаться двумя путями: во-первых, непосредственным сползанием коллювия под влиянием силы тяжести к самому руслу реки или, наоборот, боковым перемещением русла до накопившихся масс коллювия и, во-вторых, выносом его в русла рек из мелких боковых распадков. Непосредственное сползание коллювия в русло может наблюдаться лишь в том случае, если русло расположено у коренного борта долины, по которому перемещаются делювиальные массы. Иногда такое поступление об-

ломочного материала в русло происходит не со склонов возвышенностей, окаймляющих долину, а со склонов расположенных в долине речных террас.

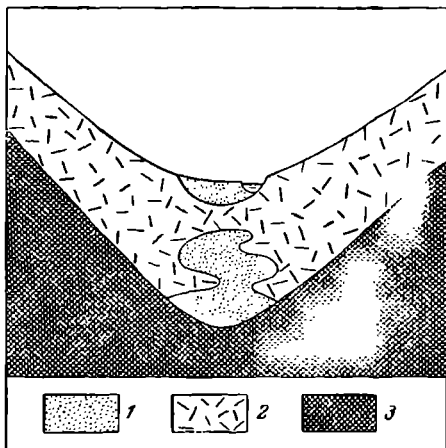
Расположение русла у подножия склона для большинства зрелых долин нехарактерно. Обычно оно лишь в отдельных, небольших своих участках прижимается к тому или иному склону долины, на большей же части своего протяжения расположено где-то посреди нее, может быть и несимметрично относительно ее оси, но все же в некотором удалении от окаймляющих ее склонов. Лишь в узких, молодых долинах, находящихся в стадии разработки, русло на большей части своего протяжения пролегает у подножия того или иного склона, с которых делювиальные массы сползают непосредственно в русло.

Поэтому в молодых долинах преобладает непосредственное поступление делювия со склонов в русла рек. В зрелых же долинах обычно происходит накопление мощных масс коллювия в бортовых частях. Эти массы также могут быть вовлечены в сферу эрозионной деятельности благодаря боковым перемещениям русла реки, но в зрелых долинах подобные перемещения также совершаются преимущественно в пределах средней части долины и лишь в редких случаях достигают ее краев. Поэтому коллювиальный материал, скопившийся в бортовых частях зрелых долин, обычно остается там лежать до начала нового эрозионного цикла и лишь с началом его, когда происходит выработка новых долин, этот материал вовлекается в сферу деятельности эрозии.

Вынос обломочного материала в русла рек и ключей из боковых распадков может происходить в любую фазу эрозионного цикла. От нормальных эрозионных долин эти распадки отличаются тем, что они недостаточно разработаны в глубину и совершенно не разработаны в ширину. Русло в них обычно с двух сторон ограничено более или менее крутыми склонами возвышенностей.

Продольный уклон подобных распадков весьма велик и выражается десятками и сотнями метров на километр. Текущие в них ключики, в зависимости от источников питания, летом или совершенно пересыхают или содержат ничтожное количество воды. Но весной и после дождей количество воды в них увеличивается в десятки и сотни раз, и они бурными потоками несутся по крутому уклону.

Если ключ не справляется с выносом всего поступающего со склонов обломочного материала, то уровень его повышается, уклон увеличивается и вместе с тем увеличивается его транспортирующая способность; наконец, наступает равновесие между притоком материала со склонов и выносом его ключом. Поэтому в подобных распадках мощность наносов может быть совершенно непропорциональна их размерам и достигать многих метров (фиг. 29).

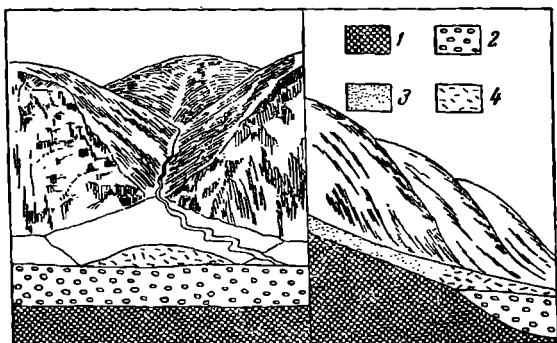


Фиг. 29. Схема строения наносов в мелких распадках.

1 — наносы ключа; 2 — делювий; 3 — горные породы.

Продольный профиль ключей, текущих в этих распадках, чаще всего имеет в деталях ступенчатую форму, обусловленную наличием в русле ряда крупных валунов, с выносом которых ключ справиться не может. Вода, переливаясь через валуны, образует микроскопические водопадки (высотой в несколько дециметров), ниже которых обычно расположены глубокие вымоины, заполненные галькой. В половодье большая масса воды, низвергаясь через валуны, приводит всю эту гальку в непрерывное вращательное движение, при котором галька испытывает значительное истирание и оглаживание.

Поэтому в небольших распадках, часто невдалеке от их вершины, мы можем встретить прекрасно окатанный обломочный материал, несмотря на то, что он не испытал почти никакого смещения вдоль русла. Все окатывание обломочного материала в подобных распадках происходит не



Фиг. 30. Расположение конуса выноса в бортовой части долины.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — наносы ключа; 4 — конус выноса.

столько при его перемещении вдоль русла, сколько при долговременном вращении на одном месте, в вымоинах. Поэтому в небольших распадках по степени окатанности материала мы совершенно не можем судить о величине пройденного им пути.

Большая вода выносит из распадков как хорошо окатанный материал, так и совершенно угловатый, только что поступивший со склонов. Поэтому выносы распадков по характеру обломочного материала представляют часто весьма пеструю картину.

Если вынос из распадка идет в крупную речную долину, то по достижении ее значительная часть обломочного материала благодаря резкому уменьшению уклона отлагается в виде конуса выноса и лишь меньшая часть достигает русла реки. Эта часть тем больше, чем ближе русло реки расположено к устью распадка. Материал, отложившийся в конусе выноса, попадает в дальнейшем в сферу эрозивной деятельности так же, как и коллювий смежных частей долины (фиг. 30).

Если распадки расположены в верховьях ключей, то обычно несколько распадков, сливаясь, образуют долину более крупного ключа. Эти долины являются лучше сформированными, они несколько разработаны в ширину, обладая более или менее плоским дном. Русло в них также более правильно, но все же и в нем довольно часты уступы, образованные или валунами или упавшими поперек русла деревьями. Ни же этих уступов, так же, как и в распадках, производится обработка обломочного материала при вращении его в вымоинах.

Материал, выносимый большой водой из распадков в долины подобных ключиков, уже не отлагается в виде конусов выноса, а поступает в русла ключей и подвергается дальнейшему переносу и обработке. Значительная часть этого материала поступает уже в хорошо окатанном виде, и потому отложения подобных ключей, несмотря на близость к истокам, обычно являются типичными аллювиальными отложениями.

Несмотря на то, что в этих долинах все еще значительную роль играет обработка материала в вымощах, преобладающую роль начинает приобретать обработка его в процессе переноса. Чем ниже по течению, чем крупнее водный поток, тем реже в нем встречаются подобные вымощи, где происходит интенсивное вращение гальки. В речках с хорошо сформированным руслом, при чередовании плесов и перекатов и при отсутствии уступов, обработка материала происходит исключительно в процессе его переноса.

Эта обработка заключается в постепенном его истирании благодаря непрерывному трению галек друг о друга и о переносимый водой мелкий материал. В процессе истирания, наряду с постепенно уменьшающейся в крупности галькой, образуется лишь мелкий плитистый материал; никаких фракций промежуточной крупности при этом не возникает. Чем мягче порода, тем быстрее ее галька истирается. По опытам Эрдманна, расстояние, которое гальки должны пройти до полного истирания, составляет для галек:

песчаника весом 40 г	15 км
глинистого сланца весом 24 г	42 »
известняка весом 61 г	64 »
гранита весом 36 г	278 »

Эти цифры, конечно, совершенно не учитывают истирание гальки при вращении ее в вымощах.

Если обломочный материал различных пород поступает в реку одновременно, то несколько ниже по течению галька мягких пород представляется уже заметной округленной, тогда как обломки более твердых пород еще сохраняют свою угловатость. Если же твердые породы дают материал в русло реки значительно выше по течению, чем мягкие, то их галька может быть прекрасно окатана при угловатой в то же время гальке мягких пород.

Форма гальки, образующаяся в результате ее обработки при переносе, может быть очень разнообразной. Конечная форма, которую стремится принять галька в результате окатывания, приближается к трехосному эллипсоиду. Реже пределом формы является шар или эллипсоид вращения. В последнем случае это почти всегда отрицательный (сплюснутый) эллипсоид, но не положительный (вытянутый). Последний встречается как редкое исключение.

Это достаточно убедительно говорит в пользу того, что истирание гальки обусловлено в основном ее передвижением в форме скольжения, а не в форме перекачивания. При этом малая ось эллипсоида располагается в направлении наибольшего истирания — в вертикальном по направлению действия силы тяжести и перпендикулярно направлению движения. Средняя ось располагается по ширине русла, большая ось — в направлении наименьшего истирания, т. е. по направлению течения. Если бы истирание гальки было обусловлено главным образом перекачиванием, то наиболее частой формой был бы вытянутый эллипсоид вращения с большой осью, расположенный по ширине русла, или шар. Как такая форма, так и подобное расположение большой оси весьма редки, а потому указания на то, что перенос гальки происходит главным образом посредством перекачивания, следует считать неверными.

Эллипсоидальная форма гальки является лишь тем пределом, к которому она стремится в результате истирания. Реальная галька очень редко имеет столь совершенную форму. Форма реальной гальки представляет всевозможные переходы от первоначальной угловатой формы обломочного материала коллювия, обусловленной в значительной мере расположением плоскостей отдельности, к предельной форме трехосного эллипсоида. Чем меньше галька окатана, тем больше в ее форме чувствуются форма и угловатость первоначального материала; чем больше она окатывается, тем больше в ней проявляется предельная форма трехосного эллипсоида.

Так, например, мало окатанная галька глинистого сланца представляет собою несколько округленные плоские его плитки и по форме очень сильно разнится от округленно-многогранной гальки гранита или кварца. Но хорошо окатанная галька глинистого сланца и гранита по форме весьма близки одна к другой, может быть, первая несколько более плоская.

Помимо истирания, гальки при сильных ударах друг о друга, о валуны или о коренное дно и берега могут раскалываться на две или несколько частей. Обычно это раскалывание происходит вдоль имеющихся в гальке трещин или первичных (трещины отдельности) или вторичных (трещины выветривания). Галька, расколовшаяся на части, вновь становится угловатой и опять испытывает процесс постепенного округления.

Следует особенно подчеркнуть, что переносимый материал не испытывает в процессе переноса измельчения, аналогичного тому, которое имеет место в элювии и делювии в результате процессов выветривания и при котором происходит освобождение зерен металла из коренной породы. Если коллювиальный обломочный материал подготовлен для измельчения процессами физического выветривания, то измельчение его происходит как только он вовлекается в сферу эрозионной деятельности. Подобное измельчение материала в процессе переноса нельзя рассматривать как неразрывно связанное с эрозионной деятельностью; по существу, оно представляет собой лишь завершение процесса выветривания, не успевшего пройти до конца в коллювии.

Благодаря этому, переносимая реками галька обычно не бывает сколько-нибудь заметно выветрелой, и во многих случаях наиболее свежие образцы пород, легко поддающихся физическому выветриванию, могут быть взяты именно из гальки. Галька, уже не подвергающаяся переносу и залегающая в старых, высохших протоках и на возвышенных частях галечных кос и островов, с течением времени подвергается выветриванию и может даже совершенно распасться в дресву. Если подобная выветрелая галька вновь вовлекается в движение, то она очень быстро распадается на части.

Иногда высказывается мнение, что значительная часть металла освобождается из коренной породы и поступает в россыпь в процессе измельчения гальки при ее переносе. Хотя это явление, несомненно, имеет место, но роль его в пополнении россыпи металлом ничтожна. При постепенном истирании гальки и заключенный в ней металл испытывает столь же медленное истирание, давая лишь мельчайшие частицы косового золота. При раскалывании гальки освобождения заключенного в ней металла, как правило, не происходит. Мелкое же дробление, при котором только и освобождается металл, при переносе гальки не имеет места.

Если золотоносная галька подвергается долговременному выветриванию на поверхности кос и в старых протоках, то металл из нее может освободиться довольно полно. Но, с одной стороны, процент гальки, залегающей на поверхности, весьма невелик; с другой стороны, и галька, долго лежащая на поверхности, не обязательно подвергается полному выветриванию. И, наконец, подобные золотоносные гальки раз-

бросаны в самых разнообразных местах долины, часто значительно ниже по течению, чем россыпь, и освобождающийся из них металл далеко не всегда попадает в россыпь, а чаще подвергается рассеянию.

В тех местах, где в крупных реках имеется возможность образования вымоин, обработка гальки может происходить и без ее переноса, при вращении в этих вымоинах, подобно тому, что имеет место в распадах. Это обычно бывает в порожистых участках течения, среди валунов, под водопадами, а также там, где река имеет коренное дно. Кроме истирания



Фиг. 31. Образование карманов в глинистых сланцах р. Среднякан (Колымский район).

самой гальки, при этом происходят весьма интенсивное истирание валунов, между которыми происходит вращение, а также коренного дна. В последнем могут высверливаться обширные карманы, котлы и прочие углубления (фиг. 31). Особенно интенсивно происходит такая обработка дна под водопадами.

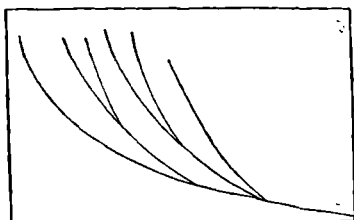
Характер русла и берегов, а также различные детали процесса перемещения донных наносов могут довольно сильно варьировать в различные фазы развития речной долины. В гл. II было дано общее понятие об эрозионных циклах; сейчас мы займемся более детальным рассмотрением тех изменений, которые претерпевают речные долины в течение эрозионного цикла. В самой тесной связи с этими изменениями находится процесс образования аллювиальных россыпей.

Глава VIII

ЭРОЗИОННЫЙ ЦИКЛ. ГЛУБИННАЯ ЭРОЗИЯ

1. Продольный профиль реки

Общеизвестным является тот факт, что горные реки в нижнем своем течении обладают значительно более пологим уклоном, чем в верхнем. Чем крупнее и многоводнее река, тем меньше ее уклон; чем меньше река, тем круче ее уклон. Более крупные водные артерии имеют уклон русла, измеряемый сантиметрами и десятками сантиметров на километр. В более мелких горных речках уклон измеряется метрами на километр; небольшие горные ключи, из которых некоторые являются золотоносными,



Фиг. 32. Нормальный продольный профиль реки и согласование профилей притоков.

ми, обладают уклоном в десятки метров на километр; и, наконец, самые мелкие горные распадки, также иногда содержащие золото (например, в Аллах-Ювском районе), имеют уклон в сотни метров на километр. Совершенно такие же изменения уклона, но весьма постепенные, мы будем наблюдать и для одной и той же реки по мере продвижения от ее устья к истокам.

Если мы изобразим эти изменения графически, составив продольный профиль течения реки при значительном увеличении вертикального мас-

штаба по сравнению с горизонтальным, то получим весьма наглядную картину. Кривая продольного профиля в нижнем течении реки, вблизи базиса эрозии, пойдет очень полого, почти горизонтально. С удалением от базиса эрозии она постепенно будет становиться круче и в самой вершине реки станет весьма крутой. Таким образом она будет обращена вогнутостью кверху; в идеальном случае это будет совершенно плавная кривая параболической формы (фиг. 32). Река может иметь подобный продольный профиль только в том случае, если в каждом участке ее течения существует полное соответствие между ее многоводностью и уклоном ее русла, т. е. если эти две величины находятся между собою в равновесии. Поэтому подобный профиль носит название «нормального продольного профиля» или «профиля равновесия».

При таком продольном профиле реки все ее притоки также имеют профили аналогичной формы, которые, совершенно плавно выполаживаясь, примыкают в устье притока к профилю главной реки, т. е. являются с ним согласованными. При этом они всегда бывают более круты, чем профиль главной реки (благодаря меньшей многоводности притоков), который является по отношению к ним объемлющим (фиг. 32).

Свой нормальный, равновесный профиль река сохраняет до тех пор, пока ее базис эрозии не меняет своего высотного положения. Посмотрим, что случится с этим равновесным профилем в случае понижения базиса эрозии.

2. Изменения продольного профиля при понижении базиса эрозии

Предположим, горная страна, где берет начало данная речная система, испытывает поднятие, что равносильно понижению базиса эрозии орошающих ее рек. Следствием этого будет более или менее равномерное, хотя и незначительное увеличение уклона всей речной системы. Но в то же время, как в верховьях ее, где уклоны рек измеряются метрами на километр, приращение уклона в несколько сантиметров на километр будет совершенно неопутным, в низовьях речной системы, при небольшом уклоне здесь рек, и это приращение уклона будет весьма заметным. Равновесие продольного профиля нарушится, так как уклон реки уже не будет соответствовать ее многоводности: он будет круче, скорость течения реки увеличится, вместе с тем увеличится ее эродирующая сила, и она начнет углублять свое русло, стремясь приобрести прежний, более пологий и соответствующий ее многоводности уклон. Первоначально река будет производить углубление своего русла по своим же собственным наносам, но, промыв их до основания, может прорваться в подстилающие коренные породы. Врезание русла прекратится тогда, когда река вновь приобретет свой прежний уклон. Отсюда ясно, что величина врезания будет примерно равна величине поднятия в данном месте.

Но углубление русла в одном участке течения реки неизбежно вызовет увеличение уклона в непосредственно выше по течению лежащем участке. Работа глубинной (или вертикальной) эрозии начнется и здесь и будет продолжаться до тех пор, пока не будет восстановлено нарушенное равновесие продольного профиля. В связи с этим увеличится уклон реки еще выше по течению, работа глубинной эрозии начнется и здесь, и так постепенно будет распространяться от низовьев реки все выше и выше по ее течению.

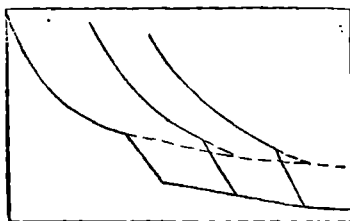
По существу, любую точку течения реки мы можем рассматривать как базис эрозии для всей вышележащей ее части. Действительно, эрозионная деятельность всей вышележащей части речной системы обуславливается высотным положением ее нижнего конца: выше этого уровня эрозионная деятельность данного участка речной системы не распространяется. Но в то время, как уровень океана является общим для всех рек или абсолютным базисом эрозии, все подобные базисы эрозии являются чисто местными. Устье какого-либо притока является местным базисом эрозии как для всей вышележащей части главной реки, так и для всей системы этого притока. Таким образом, углубление русла реки в любой точке ее течения является понижением базиса эрозии для всей вышележащей ее части.

Когда врезание русла, распространяясь вверх по течению реки, достигнет устья какого-либо притока, оно здесь как бы разветвляется, распространяясь далее вверх и по основной реке и по притоку: углубление русла реки в устье притока является понижением базиса эрозии и для всей вышележащей части главной реки и для всего бассейна притока.

Так работа глубинной эрозии, распространяясь вверх по речной системе и разветвляясь при впадении притоков надвое, постепенно захватывает все большую часть речной сети, пока не проникает до ее верховьев, где она постепенно замедляет или же распространяется еще дальше, прокливая водораздел, в бассейн смежной речной системы (отступающая эрозия). К этому времени русла всех рек рассматриваемой речной системы углублены до такого уровня, когда их уклон вновь

соответствует их многоводности, т. е. все реки приобретают новый равновесный продольный профиль, соответствующий новому положению базиса эрозии.

В тот период, когда река находится в фазе глубинной эрозии, она обладает весьма характерным ступенчатым профилем. Подобный профиль состоит из трех частей (фиг. 33): нижняя часть, непосредственно примыкающая к базису эрозии, представляет собою пелогий участок профиля, где достигнуто равновесие, соответствующее новому, пониженному положению базиса эрозии; здесь уклон реки соответствует ее многоводности, работа



Фиг. 33. Ступенчатый продольный профиль реки.

глубинной эрозии уже закончена. Этот участок постепенно нарастает на всем верхнем конце благодаря продвижению глубинной эрозии вверх по реке. Выше расположен крутой участок профиля, являющийся неравновесным: здесь уклон реки гораздо круче, нежели тот, который должен соответствовать ее многоводности. Поэтому здесь русло реки углубляется, и именно на этом участке сосредоточена вся работа по выработке рекою нового равновесного профиля. Этот крутой, неравновесный участок

профиля постепенно отмирает на своем нижнем конце, где постепенно достигается состояние равновесия, и нарастает на своем верхнем конце, где работа глубинной эрозии постепенно распространяется вверх по реке. Таким образом, весь этот участок по мере хода глубинной эрозии непрерывно продвигается вверх по реке, и любое его положение в продольном профиле реки является временным. Выше него опять расположен более пологий участок течения, где продольный профиль является равновесным и уклон реки соответствует ее многоводности. Но это равновесие является временным, так как оно соответствует еще старому высотному положению базиса эрозии. Этот верхний равновесный участок профиля постепенно уничтожается на своем нижнем конце благодаря продвижению сюда лежащего ниже по течению крутого, неравновесного участка профиля. Аналогичного характера ступенчатые профили имеют в это время и все те притоки реки, до которых успела распространиться работа глубинной эрозии.

3. Скорость глубинной эрозии

Говоря о скорости работы глубинной эрозии, мы можем под этим понимать: а) ту скорость, с которой река углубляет свое русло в каждой данной точке, и б) ту скорость, с которой это врезание распространяется вверх по реке. Обе эти величины находятся в тесной связи одна с другой и зависят главным образом от многоводности реки и твердости пород, в которые она врезается. Чем многоводнее река, тем большей эрозионной силой она обладает, тем легче и скорее она углубляет свое русло до нужного уровня. Наоборот, мелкие речки и ключи, обладающие малой эрозионной силой, производят это углубление с большой медленностью, особенно по твердым породам. В результате этого иногда получается, что долины мелких боковых притоков бывают резко не согласованы по своему высотному положению с долиной главной реки. Действительно, главная река углубляет свое русло при устье какого-нибудь бокового притока в зависимости от своей многоводности и эрозионной силы, но совершенно независимо от многоводности мелкого притока. Устье последнего, т. е. его базис эрозии, понижается таким образом с громадной скоростью, совершенно

не соответствующей его эрозионной деятельности. Сам приток совершенно не в состоянии с такой скоростью углублять свою долину, и она остается расчлененной на прежнем высотном уровне и лишь весьма постепенно, в течение весьма длительного промежутка времени, согласовывает свой уровень с уровнем главной долины. Если этот процесс продвинулся достаточно далеко и переход от одного уровня к другому совершается на более или менее значительном протяжении, то мы можем говорить о несогласованности боковой долины с главной. Если же этот переход весьма резкий и совершается в пределах самой главной долины или в непосредственной близости от нее, то боковая долина называется висячей.

Иногда в подобных условиях возникают водопады. В этом случае боковая долина сочленяется с главной посредством вертикального уступа той или иной высоты. Прекрасным примером подобного водопада в пределах наших золотоносных районов является водопад на пл. Королон, левом притоке р. Витима. Последний в недавнее время углубил свое русло на несколько десятков метров. Ключ Королон, текущий в твердых породах и обладающий небольшим дебитом, в то же время совершенно не успел углубить свою долину, которая осталась на значительной высоте над руслом Витима, сочленяясь с ним посредством водопада. Продвигаясь постепенно вверх по ключу, этот водопад успел до настоящего времени продвинуться на 8 км от устья. Высота его в настоящее время 20 м, но так как ниже него по течению расположен крутой участок русла, на котором далеко еще не закончена работа глубинной эрозии, надо думать, что такая величина врезания Витима была значительно больше.

В весьма значительной степени скорость глубинной эрозии зависит и от твердости пород, в которых она протекает. По рыхлым породам, в частности по своим собственным отложениям (галечники, песок, ил), каждая река, даже очень небольшая, углубляет свое русло без всякого труда, в течение весьма короткого срока. Заметно труднее, но все же с большой легкостью, это углубление совершается в таких мягких породах, как глинистые сланцы, чистые мягкие известняки, рыхлые, плохо сцементированные песчаники, мягкие вулканические туфы и пр. Заметно труднее оно происходит в крепких песчаниках, кремнистых известняках и доломитах и др. С большой медленностью врезание происходит в таких твердых породах, как гнейсы, граниты, сиениты, порфиры, крепкие вулканические туфы, контактовые роговики. Часто выходы этих твердых пород надолго задерживают распространение глубинной эрозии вверх по реке.

4. Врезание рек в Алданском районе

Прекрасной иллюстрацией процессов глубинной эрозии и распространения их вверх по речной системе может служить Алданский район. В недавнее время вся южная часть Алданской плиты вместе с расположенным на ней Алданским районом испытала значительное поднятие над своим базисом эрозии, каковым являлось устье р. Лены или может быть даже устье р. Алдана. Общий уклон местности увеличился, и Алдан как наиболее многоводная река почувствовал это первым и стал углублять свою долину. В нижнем и среднем течении, где он очень многоводен и к тому же течет по мягким породам, он произвел это углубление весьма легко и быстро. В верхнем течении, где Алдан менее многоводен и местами течет по твердым породам — гранитам и гнейсам, углубление шло несколько медленнее. Но в настоящее время река почти на всем своем протяжении выработала себе новый продольный профиль равновесия, соответствующий новому положению базиса эрозии. Крутой, неравномерный участок течения реки, где идет интенсивная работа глубинной

эрозии, расположен выше устья рч. Улунгу, правого притока Алдана. Здесь, по В. Н. Звереву, «начинается почти непрерывный ряд порогов, и сближающиеся крутосклонные возвышенности по обоим берегам, покрытые глыбами горных пород, придают долине характер ущелья. Обычная прибрежная терраса почти отсутствует; боковые притоки, за немногими исключениями, только ничтожные ключи, имеющие характер водопадов в острых ущельистых распадах». И лишь самая вершина реки, на протяжении всего нескольких десятков километров, еще не затронута глубинной эрозией и сохраняет свой прежний профиль, соответствующий старому состоянию равновесия.

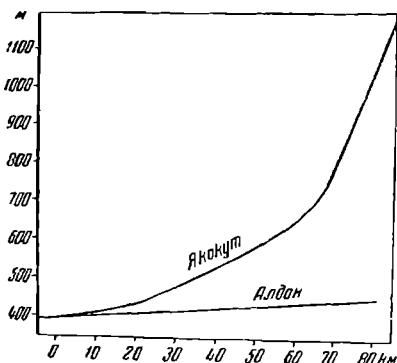
Такой же ступенчатый профиль имеет и самый крупный приток верхнего течения р. Алдана р. Тимптон. Начинаясь в области Станового нагорья, он в самой вершине сохраняет свою старую долину, выработанную еще до понижения базиса эрозии. Но уже в нескольких десятках километров от вершины становится заметной работа глубинной эрозии, распространяющаяся сюда от устья: течение ускоряется, долина становится глубже и резко суживается, ограничиваясь лишь шириною русла; в последнем местах исчезают аллювиальные отложения, сменяясь крупными валунами, образующими многочисленные пороги, река течет между крутыми склонами, покрытыми каменными осыпями, местами между отвесными гранитными стенами. Такой характер реки весьма специфичен для тех участков, где идет работа глубинной эрозии.

Ниже устья р. Чутьмана характер р. Тимптона меняется. Уклон становится меньше, течение спокойнее, пороги почти исчезают: Река довольно спокойно течет в глубоко разработанной долине, пытаясь местами разрабатывать ее и в ширину. Для этого участка Тимптона следует отметить одну весьма характерную подробность. Ниже устья Чутьмана Тимптон течет среди юрских песчаников, довольно легко поддающихся размыву, которые еще ниже вновь сменяются гранитами и гнейсами. В последних, насколько можно судить по характеру реки, работа глубинной эрозии еще не вполне закончена, но в вышележащем участке юрских песчаников мы никаких следов ее не находим. Повидимому, граниты и гнейсы настолько трудно пропильваются рекою по сравнению с юрскими песчаниками, что каждое самое маленькое углубление в них русла реки тотчас передается через участок юрских песчаников к вышележащим гранитам. Благодаря этому в участке юрских песчаников река неизменно сохраняет свой нормальный уклон.

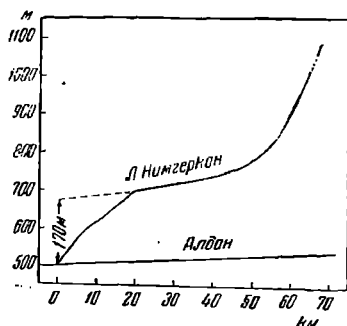
Реки, орошающие Алданский район, впадают в Алдан и Тимптон в тех их участках, где они уже углубили свое русло. Понижение устьев притоков заставило последние производить работу глубинной эрозии и вырабатывать новый профиль равновесия. Весьма характерны мелкие ключики, 3—4 км длиной, впадающие в Алдан в том участке, где он выше устья Тимптона течет среди твердых пород декабря. Эти ключи начинаются на большой высоте над Алданом в широких и пологих маршевых долинах. Приближаясь к Алдану, они сразу становятся круче и на протяжении менее одного километра имеют падение в 150 м, а иногда и более. Низовья их обрезаны долиной Алдана, расположенной значительно глубже их долин, которые благодаря этому являются высеченными.

Более крупные притоки Алдана, орошающие северную часть района, как Якокут (длина 88 км), Селпгдар (91 км) и др., текут в значительной части по осадочным породам. Благодаря этому они успели выработать для своих долин новый профиль равновесия почти до самых верховьев (фиг. 34). Наоборот, реки, орошающие южную часть района, — Большой Нимгер (около 200 км), Томмот (71 км), Правый (53 км) и Левый (68 км) Нимгерканы, Большой Ыллымах (134 км), — испытывают сейчас стадию

интенсивной глубинной эрозии, большинство даже в своих низовьях. Такое запоздавшее объясняется отчасти тем, что они впадают несколько выше по течению, т. е. дальше от общего базиса эрозии, но главным образом тем, что в Алдан вблизи их устьев и сами они протекают в твердых породах докембрия. В верхнем своем течении это довольно спокойные реки, текущие в широких и пологих маршевых долинах, часто среди едва возвышающихся, ценопленизированных водоразделов. Ниже, начиная с того пункта, до которого достигла работа глубинной эрозии, долины суживаются, русло приобретает крутой уклон, аллювиальные отложения исчезают, в русле появляются обильные камни и перекаты, течение становится бурным. Вместе с тем долины постепенно становятся все более



Фиг. 34. Продольный профиль р. Якута (Алданский район).



Фиг. 35. Продольный профиль р. Левого Нимгеркана (Алданский район).

глубоко врезанными в ценопленизированные водоразделы, которые сохраняются над долинами в виде высокого плато 200—300 м относительной высоты. Это крутой, неравновесный участок профиля. Ниже него более крупные реки (Большой Нимгер, Ыллымах) уже успели выработать новый профиль равновесия и спокойно, со сравнительно небольшим уклоном, текут в своих новых, глубоко врезанных долинах. Таким образом, все эти реки имеют резко выраженный типичный ступенчатый продольный профиль (фиг. 35).

Интересно сравнить между собою уклоны рек в северной и южной частях района. В северной части мы имеем для нижних течений: Селитдар — 0,002, Якут — 0,0035, Элькон — 0,006; для средних течений: Селитдар — 0,010, Ортосала — 0,012, Куранах — 0,010. Ключи и верховья рек имеют уклоны порядка нескольких сотых. В южной части района мы наблюдаем обратное: Нимгеркан в нижнем течении имеет уклон 0,010, в среднем 0,0035; Томмот — в нижнем 0,008, в среднем 0,004; Большой Ыллымах — в нижнем 0,009, в верхнем 0,003 и т. д., т. е. уклоны нижнего течения значительно больше верхнего и среднего.

Если предположить, что эти реки до своего врезания имели до самого устья тот же уклон, который сейчас наблюдается в их старых долинах, непосредственно выше крутых участков, то нетрудно в первом приближении подсчитать общую глубину врезания. У Нимгеркана длина крутого участка 20 км при общем падении на этом протяжении в 200 м. Непосредственно выше он на протяжении 10 км имеет общее падение 20 м, т. е. 2 м на километр. Таким образом, раньше его падение на нижних 20 км было 40 м, т. е. устье Нимгеркана понизилось на 160 м. У Томмота

длина крутого участка 25 км при общем падении в 200 м; непосредственно выше имеем падение 16 м на 10 км. Подсчет дает для глубины врезания те же 160 м. Если определить эту величину графически (фиг. 35), учитывая некоторое уменьшение уклона в нижнем течении реки, то и для Томота и для Нимгеркана мы получим одну и ту же величину — 170 м, которую и можно принять как наиболее вероятную высоту последнего поднятия Алданского района.

5. Врезание рек в Колымском районе

Подобные ступенчатые продольные профили, сопровождаемые интенсивной глубинной эрозией на их крутых участках, можно наблюдать в совершенно иных геологических условиях в Колымском районе. Этот район в послетретичное время испытал многократные, но каждый раз не очень большие поднятия. Последнее примерно 10-метровое поднятие наложило очень резкий отпечаток на весь ландшафт района. Почти все реки района ведут в тех или иных своих участках интенсивную глубинную эрозию, стремясь выработать новые профили равновесия. Благодаря большой мягкости слагающих район пород (триасовые глинистые сланцы), глубинная эрозия протекает весьма быстро. Ниже крутых неравновесных участков реки обычно текут в каньонах, врезанных в старую, сравнительно широкую долину; каньоны с боков ограничены отвесными стенами глинистых сланцев. Скорость глубинной эрозии и скорость распространения ее вверх по реке настолько велика, что, несмотря на исключительно суровый климат и громадную интенсивность процессов выветривания (еще более увеличиваемую черным цветом сланцев), глинистые сланцы остаются стоять вдоль каньонов в виде отвесных стен, еще не успевая подвергнуться действию выветривания и осыпаться, в то время, как они вообще весьма легко разрушаются. В то же время в Алданском районе, где реки врезаются в весьма крепкие граниты и гнейсы, которые, казалось бы, самой природой предназначены для того, чтобы стоять в виде отвесных стен, мы последних почти нигде не встречаем. Глубинная эрозия протекает настолько медленно, что за это время даже окружающие крепкие породы успевают подвергнуться выветриванию, рассыпаться на глыбы, которые процессами денудации перемещаются вниз, в русло реки, еще более затрудняя ее врезание.

В Колымском районе глубина каньона очень хорошо показывает ту величину, на которую река врезала свое русло. Но в крутом участке течения, где идет работа глубинной эрозии, глубина каньона меньше. В нижнем конце крутого участка глубина каньона та же, что и ниже, но с продвижением вверх по нему она становится все меньше, так как чем выше, тем меньше река успела углубить свое русло. К верхнему концу крутого участка глубина каньона постепенно сходит на нет, а выше река течет по поверхности своей старой долины, которая ниже сохранилась лишь в виде возвышающихся над каньоном террас. Подобную картину можно встретить как по самой Колыме, так и по ее притокам.

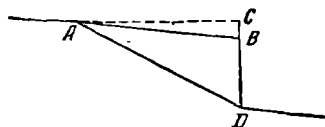
Что касается длины того участка, на котором сосредоточена работа глубинной эрозии, то для Алданского района я уже приводил цифры, могущие ее характеризовать. В Колымском районе, если учесть небольшую величину здесь врезания, эти участки относительно значительно длиннее. Так, например, по рч. Среднякану терраса высотой в 10 м сходит на нет на протяжении нескольких километров, в то время как на Алдане врезание в 170 м распределяется в реках той же многоводности всего лишь на 20—25 км. Причина этого лежит опять-таки в мягкости развитых на Колыме пород.

6. Длина крутого участка

Между длиной крутого участка и глубиной врезания существует очень простое соотношение. Из чертежа видно (фиг. 36), что глубина врезания BD равна длине крутого участка (вернее, ее горизонтальному проложению) AC , умноженной на разность уклонов во время врезания и до его начала:

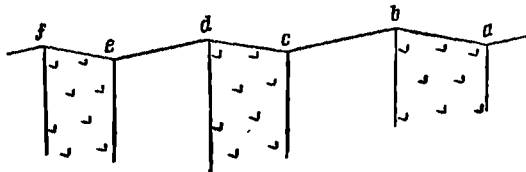
$$BD = AC \times \left(\frac{DC}{AC} - \frac{BC}{AC} \right).$$

Зная эти уклоны и одну из линейных величин, очень нетрудно вычислить другую. Из формулы видно, что при одинаковых уклонах (т. е. при одинаковых условиях многоводности и твердости пород) длина крутого участка пропорциональна глубине врезания. Наоборот, при одной и той же глубине врезания она пропорциональна разности уклонов. А так как сами уклоны значительно меньше в реках многоводных, чем в небольших, и в мягких породах, чем в твердых, то, естественно, и длина крутого участка, на котором сосредоточена работа глубинной эрозии, будет больше в многоводных реках и в мягких породах.



Фиг. 36. Соотношение глубины врезания, длины и уклона крутого участка.

Быведенная пропорциональность может быть приложима лишь в идеальном случае, именно, когда на протяжении всего крутого участка мы имеем породы одинаковой твердости. В природе такой случай встречается сравнительно редко, обычно мы имеем чередование более твердых и более мягких пород. Если они очень резко разнятся между собою по твердости, то картина врезания может получиться на местности очень не-



Фиг. 37. Врезание в породах различной твердости.

четливая. Предположим, мы имеем мощную толщу мягких глинистых сланцев, среди которых проходят полосы значительно более твердых пород, например крепких вулканических туфов или гранитов (фиг. 37). Реки испытывают врезание. Распространяясь весьма быстро по сланцам, оно достигает точки a , где вступает в более твердые породы. Здесь скорость глубинной эрозии уменьшается, и дальнейшее распространение ее вверх задерживается. Однако на участке ab твердых пород может задержаться лишь величина врезания, равная длине этого участка, умноженной на приращение уклона. Если вся величина врезания больше, то остальная ее часть быстро распространится через участок ab и передастся вышележащему участку сланцев bc . Ясно, что чем многоводнее река, тем меньшая величина врезания может задержаться на участке твердых пород определенной ширины.

На участке bc глинистых сланцев врезание опять будет распространяться с большой скоростью, сопровождаясь образованием каньона и другими характерными явлениями. На участке cd твердых пород опять

задержится некоторая часть врезания, и лишь остаток передастся выше-лежащим сланцам *de*. Так вся величина врезания может распределиться между отдельными участками твердых пород — *ab*, *cd*, *ef*, где и будет сосредоточена вся работа глубинной эрозии, в то время как лежащие между ними участки глинистых сланцев будут обладать своим нормальным уклоном.

Если вся величина врезания была, скажем, 30 м и оно распределилось между участками твердых пород *ab*, *cd* и *ef* поровну, т. е. по 10 м на каждом, то мы будем наблюдать на участке сланцев ниже *a* 30-метровую террасу, на участке *bc* — 20-метровую и на участке *de* — 10-метровую. Создается впечатление, что имело место трехкратное понижение базиса эрозии на 10 м каждый раз, тогда как на самом деле было лишь одно 30-метровое понижение.

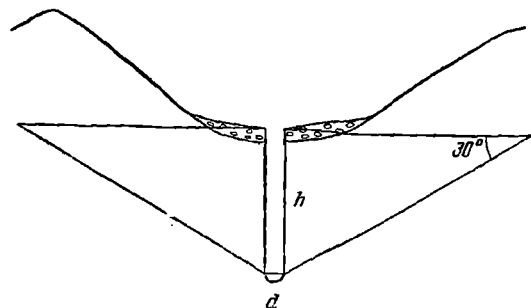
По мере того как глубинная эрозия будет проплаивать участки твердых пород, она будет распространяться и на вышележащие участки сланцев, но настолько постепенно, что здесь будет происходить лишь очень медленное углубление русла без образования каньонов, порогов, перепадов и пр.

В конечном итоге, когда работа глубинной эрозии прекратится, река на всех участках будет иметь нормальный уклон и одинаковой высоты террасы.

Если, с одной стороны, недостаточно мощные полосы твердых пород могут создать видимость большего числа понижений базиса эрозии, чем было фактически, то, с другой стороны, очень мощные полосы (а для небольших рек и ключей даже не такие мощные) могут привести к обратному результату. Чаще всего это можно наблюдать именно в небольших водных потоках. Пока речка тщетно стремится углубить свое русло в твердых породах, происходит новое понижение базиса эрозии, и новое врезание, быстро распространяясь через мягкие породы, доходит до твердых пород, где и объединяется с предыдущим врезанием в единое врезание от двух одновременных понижений базиса эрозии.

7. Влияние выветривания и денудации

Помимо многоводности реки и твердости пород, очень большое влияние на скорость распространения глубинной эрозии могут оказать также



Фиг. 38. Поперечный профиль при врезании каньоном и V-образной долиной.

процессы выветривания и денудации. Если врезание реки происходит в таком районе, где эти процессы обладают сравнительно малой интенсивностью, то эрозионная работа реки значительно облегчается. Она может при своем врезании пропилить себе по ширине русла щель с совершенно отвесными стенками. В этом случае количество камен-

ного материала, который она должна вынести с каждого погонного метра длины своего течения, будет равно d/h м³, где *d* — ширина русла и *h* — глубина врезания (фиг. 38). Совершенно иная картина будет в районах с большой

интенсивностью процессов выветривания и денудации, как, например, большинство наших золотоссысных районов. Здесь склоны, как правило, лишены выходов коренных пород и покрыты мощным слоем делювия. Максимальный наклон склонов не превышает 30—35°, угла естественно откоса каменных россыпей. Здесь река уже не может прощипать себе щель с отвесными стенками, так как последние будут непрерывно разрушаться и обваливаться в реку, пока не превратятся в склоны с падением в 30°. Исключение могут представлять лишь те районы, где эрозия идет в очень мягких породах и настолько быстро, что стенки ущелий не успевают обваливаться и мешать углублению русла. К числу таких районов относятся, например, Колымский, Аллах-Юнский, Унья-Бомский и др., где врезание идет в глинистых сланцах.

Количество каменного материала, которое река должна выносить с погонного метра своего течения в условиях интенсивного выветривания, подсчитать нетрудно (фиг. 38). Оно равно:

$$d \cdot h + 2 \frac{h \cdot h \operatorname{tg} 30^\circ}{2} = d \cdot h + h^2 \cdot \sqrt{3}.$$

Если возьмем в условиях Алданского района реку с шириной русла в 20 м, то при углублении на 170 м она должна с каждого погонного метра своего течения вывести:

$$20 \times 170 + 170^2 \times \sqrt{3} = 52800 \text{ м}^3$$

каменного материала, в то время как при врезании в виде отвесной щели это количество было бы всего лишь:

$$20 \times 170 = 3400 \text{ м}^3,$$

т. е. в $15\frac{1}{2}$ раз меньше!

Если прежняя ширина долины была недостаточно велика, то может случиться, что для того, чтобы после врезания склоны новой долины имели уклон 30°, должны быть уничтожены выветриванием и денудацией целые горы, возвышавшиеся над прежней долиной. В этом случае количество поставляемого реке и выносимого ею каменного материала еще более увеличивается и тем больше, чем выше были эти горы и уже прежняя долина. Именно такой случай мы имеем в Алданском районе для р. Большого Ыллымаха, который в своем нижнем течении прорезает высокий горный массив твердых пород докембрия. Здесь каждое небольшое углубление русла реки вызывает обильный приток в него каменного материала со склонов.

Поступление делювия со склонов значительно затрудняет эрозионную работу реки. Вместо того чтобы заниматься своей прямой работой — углублением русла, река вынуждена тратить свою энергию на вынос постороннего каменного материала. Это для нее тем труднее, что весь этот каменный материал благодаря большой крутизне склонов поступает в ее русло в виде крупных каменных глыб, часто свыше кубометра в объеме, которые река, даже при своем бурном течении, вращает лишь с трудом и которые, подолгу загромождая русло, препятствуют его дальнейшему углублению.

Таким образом вся свободная энергия реки должна делиться на две части, одна из которых идет на углубление ее русла и вторая — на вынос каменного материала, поступающего со склонов. Соотношение между этими частями определяется тем, что вторая часть должна справляться с выносом всего того материала, который поступает со склонов в результате углубления русла первой частью энергии. Между эрозионной работой реки, с одной стороны, и работой выветривания и денудации, с другой, устанавливается определенное динамическое равновесие, которое само собою регули-

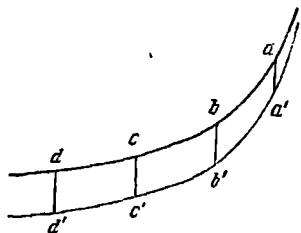
руется. Если бы река стала слишком быстро углублять свое русло, то увеличился бы уклон и склонов и вместе с тем количество поступающего делювия, а это повело бы к уменьшению скорости углубления. Если бы, наоборот, увеличился приток делювия, то река вынуждена была бы замедлить свою углубительную работу, что повело бы к уменьшению притока делювия.

Общее количество делювия, поступающее в русло реки при его углублении, не зависит от многоводности реки, а лишь от глубины врезания и рельефа местности. Для своего выноса этот делювий требует определенного количества энергии, которое составляет тем больший процент свободной энергии реки, чем она менее многоводна. Поэтому в условиях интенсивного выветривания и денудации, и притом не в очень мягких породах, врезание небольших речек и ключей сильно затрудняется. Для больших рек энергия, необходимая для выноса делювия, составляет лишь небольшой процент их свободной энергии и не отражается так заметно на скорости врезания.

Даже в таких не очень крупных реках, как Томмот и Нимгеркан, выветривание только-только поспевает за эрозионной деятельностью, благодаря чему на склонах их углубленных долин мы встречаем не только осыпи, но местами и коренные скалистые выходы. В нижнем течении Большого Хиллымаха таких скалистых выходов еще больше, здесь выветривание уже определенно отстает от скорости врезания. А такая многоводная река, как Тимптоц, местами даже течет в отвесных стенах гранитов.

8. Отступающая эрозия

Своеобразную разновидность глубинной эрозии представляет так называемая отступающая эрозия, работа которой является неизбежным следствием и продолжением работы глубинной эрозии. Как мы видели,



Фиг. 39. Работа отступающей эрозии в верховьях ключей.

врезание русла на любом участке реки неизбежно ведет к постепенному отступанию этого врезания вверх по реке. Та же картина наблюдается и в самых верховьях речной системы, в крутых горных распадках, берущих начало на водоразделах со смежными речными системами. Углубление русла подобного распадка является в то же время и продвижением его по направлению к вершине (фиг. 39). Если при врезании точка *a* перемещается в *a'*, *b* в *b'* и т. д., то весь профиль потока смещается не только вниз, но и вправо. Увеличение уклона русла потока вызывает

усиленное врезание его в водораздел и нарастание на его верхнем конце. Вершина потока непрерывно отступает в сторону водораздела и в результате длительного течения этого процесса может оказаться по ту сторону прежней водораздельной линии: водораздел окажется пропленным.

Если по обе стороны водораздела работа отступающей эрозии идет одинаково интенсивно, то водораздельная линия почти не меняет своего положения в плане, но в ее вертикальном профиле появляются глубокие седловины, часто являющиеся удобными перевалами из одной речной системы в другую. Если же по одну сторону водораздела отступающая эрозия идет более интенсивно, чем по другую, то водораздельная линия постепенно перемещается в сторону речной системы со слабой эрозионной деятельностью.

Если за исходную форму горного рельефа взять пенеплен, то ясно, что на нем отсутствуют условия, необходимые для проявления отступающей эрозии. Но первое же понижение базиса эрозии эти условия создает. Глубинная эрозия, распространившись до верховьев речной системы, продолжается там неопределенно долгое время, постепенно ослабевая в своей интенсивности вследствие снижения водораздела и уменьшения уклона русла. Новое понижение базиса эрозии и углубление речной сети вновь оживляет в верховьях работу отступающей эрозии. Таким образом, в самых верховьях речной системы работа глубинной эрозии почти никогда не прекращается, являясь результатом не только последнего, но и всех предыдущих понижений базиса эрозии.

Из двух речных систем, имеющих общий водораздел, большей интенсивностью отступающей эрозии будет обладать та, которая прежде всего в условиях выработанного равновесного продольного профиля расположена на более низком гипсометрическом уровне. В условиях понижения базиса эрозии и оживления эрозионной деятельности преимущества будут на стороне той речной системы, по которой работа глубинной эрозии сможет скорее распространиться до верховьев. Это будет с той стороны, где ближе до общего базиса эрозии, где врезание распространяется по более многоводным рекам и более мягким породам, и, наконец, в условиях интенсивного выветривания с той стороны, где местность обладает более спокойным рельефом. После того как работа глубинной эрозии достигла с одной стороны водораздела, последний начинает смещаться в другую сторону, но когда и с этой стороны до него распространится врезание речной системы, то его смещение может приостановиться или даже может начаться обратное перемещение.

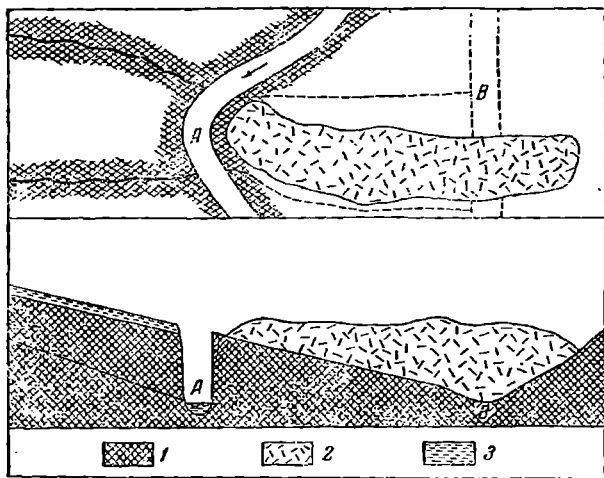
Примеров перемещения водораздельной линии вследствие работы отступающей эрозии можно привести очень много. В Колымском районе бассейна р. Урутукана расположен гипсометрически значительно выше, чем смежные с ним мелкие притоки р. Колымы — рч. Запаятая, рч. Пригожая и кл. Крохалиный. Со стороны Урутукана от водораздела до общего базиса эрозии расстояние на 140—210 км больше, чем со стороны колымских притоков. Последние в своих верховьях ведут интенсивную отступающую эрозию, смещающую водораздельную линию в сторону Урутукана, и постепенно завоевывают его бассейн. Вершина рч. Пригожей уже перерезала долину кл. Таежного, правого притока Урутукана. Не особенно далек тот момент, когда эти речки перережут русло Урутукана и он получит сток в Колыму через их долины. Борьба с его стороны безнадежна.

В Алданском районе бассейн р. Малого Ыллымаха (левый приток Большого Ыллымаха) даже в условиях выработанного равновесного профиля должен быть расположен выше бассейна р. Якокута. Положение усугубляется тем, что Якокут после недавнего понижения базиса эрозии уже успел углубить свою долину на 170 м, тогда как с другой стороны водораздела это врезание застряло еще в нижнем течении р. Большого Ыллымаха, в твердых породах докембрия. В результате Малый Ыллымах течет на 300 м выше Якокута. Последний врезается в плато, по которому течет Малый Ыллымах, узкими и глубокими долинами своих притоков. В их верховьях идет настолько интенсивная отступающая эрозия, что ее можно наблюдать почти непосредственно: каменные осыпи на склонах и в вершинах крутых распадков настолько подвижны, что они ежедневно без всякой видимой причины то там, то здесь перемещаются к руслу распадков, создавая оползни, обвалы, каменные потоки и пр. и постепенно расширяя и удлиняя долины распадков. Нет сомнения, что вскоре вершина Малого Ыллымаха будет перехвачена этими потоками.

В более крупном масштабе то же явление можно наблюдать во многих частях Алдано-Зейского водораздела. Притоки р. Зей расположены значительно глубже притоков р. Алдана и часто в своих верховьях ведут интенсивную отступающую эрозию, которая, впрочем, сильно замедляется большой твердостью пород. Повидимому, этой эрозией обусловлено то, что водораздельная линия (Становой водораздел) часто расположена севернее линии наибольших высот. Когда со стороны Алдана достигнет верховьев 170-метровое врезание, можно ожидать обратного перемещения водораздельной линии.

9. Местные понижения базиса эрозии

Для возбуждения работы глубинной эрозии не обязательны такие универсальные причины, как эпейрогенические поднятия, тектонические движения и пр., охватывающие значительные участки горных стран. Понижения базиса эрозии могут быть чисто местными и ограничиваться какой-либо одной речной системой или даже бассейном очень небольшой



Фиг. 40, 41. Соотношение р. Аллах-Юны с ключами Сигине II и Сигине III: А — новое русло; В — старое русло р. Аллах-Юны.

1 — коренные породы; 2 — конечная морена; 3 — аллювий ключей.

речки. К числу местных причин, вызывающих понижение базиса эрозии могут относиться: спрямление течения реки вследствие прорыва или уничтожения крупной излучины; перехват бассейна реки другой речной системой, глубже расположенной; перераспределение гидрографической сети: неожиданный сток озера, в которое река впадала; сильные горизонтальные перемещения русла главной реки и пр.

В Аллах-Юнском районе долина р. Аллах-Юны в период последнего оледенения была перегоржена валом конечной морены. Русло реки, расположенное до того, повидимому, в левой стороне долины, вынуждено было переместиться примерно на 3 км вправо, частично даже прорезав ограничивавшие долину увалы (может быть террасы). Естественно, что это явилось понижением базиса эрозии для ключей Сигине II и Сигине

III, впадающих справа именно на этом участке (фиг. 40—41). Эти ключи стали интенсивно врезаться и в настоящее время текут в узких и глубоких каньонах, постепенно сходящих на нет к верхнему течению. В то же время первые ключи р. Аллах-Юны как выше, так и ниже этого участка не имеют никаких следов недавнего углубления русла.

Река Колыма в один из периодов оледенения очень сильно изменила направление своего течения, захватив долины целого ряда своих боковых притоков, в том числе нижнего течения р. Средникана на протяжении примерно 60—70 км. Будучи захвачен значительно более многоводной рекой, этот участок претерпел значительное углубление, явившееся понижением базиса эрозии для всего бассейна Средникана. Величина углубления, очевидно, равна длине участка, умноженной на разность уклонов до и после перехвата, т. е. порядка 100—120 м. Благодаря этому мы встречаем в бассейне Средникана такие террасы, которые не наблюдаются в бассейнах других рек. Отзвуком этого изменения течения р. Колымы является и та интенсивная отступающая эрозия ее притоков, о которой говорилось выше.

Подобные местные понижения базиса эрозии и связанные с ними врезания при полевой работе отнюдь не следует параллелизировать и отождествлять с врезаниями, имеющими региональный характер.

10. Выводы

Заканчивая рассмотрение процессов глубинной эрозии, полезно еще раз вкратце перечислить те признаки, по которым можно установить их наличие в данной реке или речной системе.

1. Продольный профиль реки имеет ступенчатую форму, заключая между участками нормального падения более крутой участок.

2. На протяжении крутого участка река обладает бурным течением, часто течет по коренным породам, образуя много порогов и перекатов; в русле обильны валуны.

3. Ширина долины в крутом участке незначительна и обычно равна лишь ширине русла реки.

4. Глубина долины постепенно возрастает от верхнего конца крутого участка и достигает максимума в нижнем его конце.

5. Когда позволяет глубина врезания и ширина старой долины, последние сохраняются над вновь вырабатываемой долиной в виде продольных террас, высота которых постепенно увеличивается от верхнего конца крутого участка к нижнему.

6. Склоны новой долины в крутом участке очень круты: или отвесные стены, или крутые скалистые обрывы, или, при интенсивном выветривании, крутые каменные осыпи.

7. Выше крутого участка река имеет нормальную долину с развитием аллювиальных отложений и нормальный характер течения.

8. Ниже крутого участка река имеет глубокую и узкую долину с крутыми склонами, лишь местами начинающую разрабатываться в ширину; течение значительно спокойнее, чем в крутом участке.

9. Чем ниже по крутому участку, тем становится заметнее, а ниже него — достигает максимума несогласованность долин боковых притоков с главной долиной: все притоки выходят в главную долину непосредственно своими крутыми участками, а более мелкие из них имеют резко выраженные височные долины. В благоприятных для этого условиях могут образоваться водопады.

По совокупности всех этих признаков можно с несомненностью установить недавнее понижение базиса эрозии и связанное с ним углубление речной сети.

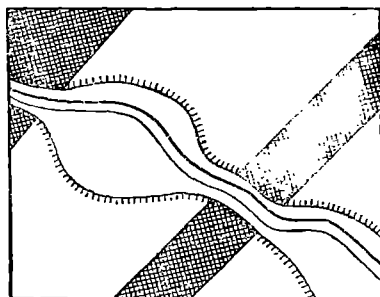
Для образования аллювиальных россыпей процессы глубинной эрозии имеют очень большое значение. Благодаря им происходит размыв старой аллювиальной россыпи, при котором металлоносный обломочный материал вновь вовлекается в сферу эрозионной деятельности. Глубинной же эрозией создаются соответствующие условия уклона и скорости течения, позволяющие металлу перемещаться на заметные расстояния вниз по реке и концентрироваться в новой россыпи там, где работа глубинной эрозии уже закончена.

ЭРОЗИОННЫЙ ЦИКЛ. БОКОВАЯ ЭРОЗИЯ

1. Соотношение с глубиной эрозией

В процессе глубинной эрозии река вырабатывает себе новую, чрезвычайно узкую долину, ширина которой соответствует ширине русла или лишь немногим шире. Но эта узкая долина не сохраняется в продолжение сколько-нибудь значительного времени: она очень быстро расширяется работой боковой или горизонтальной эрозии рек.

Боковая эрозия или начинает работать по окончании глубинной эрозии, когда река вырабатает себе нормальный профиль, или же работает одновременно с нею, в процессе углубления русла. Последний процесс обычно требует затраты столь большой энергии, что река уже не в состоянии одновременно производить боковую эрозию, так как вся ее живая сила затрачивается на разрушение своего дна и на перенос того громадного количества каменного материала, которое она получает из вышележащих частей течения и со склонов.

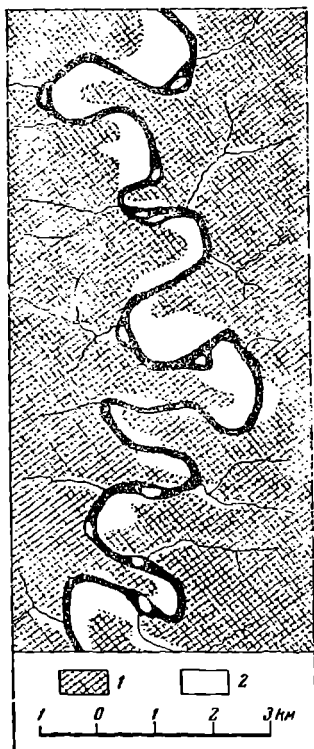


Фиг. 42. Расширения молодой долины выше выходов твердых пород.

Но если в работе глубинной эрозии где-либо произойдет задержка, то выше этого места река начинает боковую эрозию, так как она не может углублять здесь своего русла прежде, чем оно не углублено ниже по течению. Подобные задержки обычно происходят в местах скопления крутых валунов, выхода твердых пород и пр. Выше всех таких препятствий река может себе разработать довольно широкую временную долину, в которую вновь будет врезаться по прорыве препятствия. Если препятствие имеет постоянный характер (например, дайка крепкой изверженной породы среди мягких осадочных), то выше него в течение значительной части периода врезания река может на небольшом протяжении иметь заметно разработанную в ширину долину (фиг. 42). Классические примеры этого рода мы встречаем в Колымском районе, где среди глинистых сланцев местами проходят обильные дайки порфиров или пласты крепких туфов.

Кроме подобных препятствий, одновременная работа боковой и глубинной эрозии может иметь место в излучинах и крутых заворотах реки. В начале глубинной эрозии, когда река углубляет свое русло по рыхлым аллювиальным отложениям, она обычно сильно спрямляет свое те-

чение, уничтожая целый ряд кривунов и пзлучин. Но, однако, к моменту начала врезания рек в коренные породы часто не все меандры оказываются уничтоженными; часть из них сохраняется и тогда, когда река уже врезалась в коренные породы. Подобные меандры называются врезанными в отличие от поверхностных, разработанных в аллювии.



Фиг. 43. Врезание меандры
р. Дес (Зейский район, лист 111-2).

1 — коренные породы; 2 — аллювий.

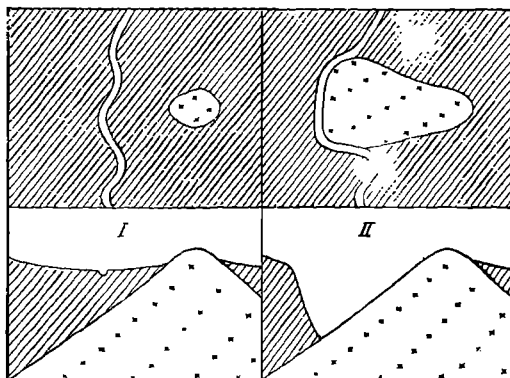
Во время углубления русла врезанные меандры могут развиваться еще больше. В них благодаря движению всей массы воды по кривой развивается громадная центробежная сила, действующая на вогнутый берег и интенсивно его разрушающая. Действие этой силы еще увеличивается во время ледохода. Благодаря разрушению вогнутого берега русло реки не только углубляется но и несколько перемещается вбок. В то же время на выпуклом берегу происходит отложение аллювиального материала (фиг. 43).

Хотя подобного рода расширение долины одновременно с ее углублением и имеет место в некоторых реках, но для большинства наших золотоносных районов оно не характерно.

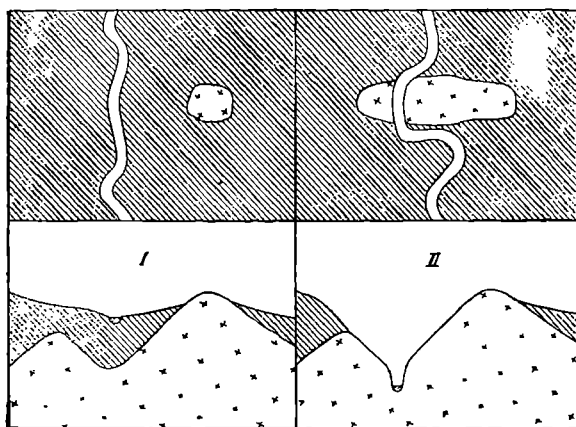
Иногда весьма значительны бывают те боковые перемещения русла, которые совершаются одновременно с его углублением благодаря особенностям геологического строения. Предположим, река течет по простиранию осадочных пород, имеющих однообразное, не очень крутое падение в одну сторону. При углублении русла реке значительно легче производить размыв пород по напластованию, чем пересекая его. Особенно сильно эта разница будет сказываться, если река течет по границе твердого и мягкого пластов. При этом русло реки будет не врезаться вглубь, а как бы скользить по поверхности твердого пласта, испытывая

одновременно и вертикальное и боковое перемещения, до тех пор, пока ему не удастся врезаться в твердый пласт.

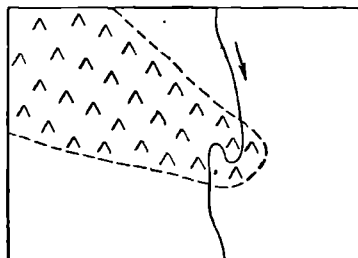
Подобная скользящая эрозия имеет обычно место и на границе осадочных пород с интрузирующими их гранитными батолитами. Углубившись до поверхности батолита, русло реки начинает скользить по ее уклону, одновременно перемещаясь и вглубь и вбок. По окончании врезания река располагается в соответствии с контурами батолита, часто образуя значительный кривун при его обходе (фиг. 44). Несколько иная картина может получиться, если батолит имеет еще не вскрытый эрозией выступ (фиг. 45). Углубившись до седловины в поверхности батолита, река уже не может испытывать дальнейшего бокового смещения и вынуждена врезаться в гранит. В этом случае по окончании врезания может быть на первый взгляд непонятно, почему река врезалась в гранитный массив, а не обошла его более мягкими осадочными породами. Примеры подобного соотношения рек с гранитными массивами довольно обильны в Колымском районе (фиг. 46).



Фиг. 44. Врезание русла вдоль границы гранитного батолита: I — до врезания; II — после врезания.



Фиг. 45. Врезание русла вдоль границы гранитного батолита, имеющего выступ в кровлю: I — до врезания; II — после врезания.

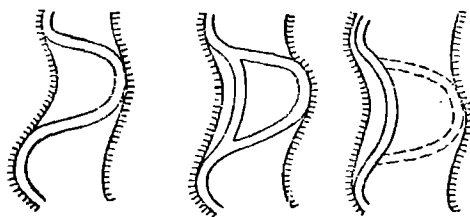


Фиг. 46. Пересечение р. Дегри края гранитного массива (Кольмский район).

2. Расширение долины

Все такие случаи работы боковой эрозии в период углубления русла имеют довольно частное значение. Лишь по окончании углубления или в самом конце его боковая эрозия приобретает доминирующее значение, и почти вся свободная энергия реки тратится на расширение новой, углубленной долины. Никакая река, за исключением самых мелких водных потоков, не в состоянии в течение продолжительного времени со-

хранить ту узкую долину, которую она приобретает благодаря глубинной эрозии. Основной причиной расширения долины реки является подмыв вогнутого берега на заворотах течения. Благодаря этому подмыву, каждый заворот становится более резким, превращается в излучину, а последняя может превратиться в меандр. Вполне естественно, что река заворачивает то в одну, то в другую сторону и таким обра-



Фиг. 47. Уничтожение излучины образованием боковой протоки.

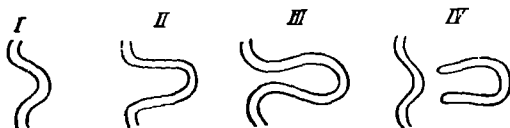
1 — коренной берег.

зом подмывает то правый, то левый берег. В то же время на противоположном, выпуклом берегу происходит отложение рыхлого аллювиального материала.

Если по окончании углубления долины река не имеет презаннанных меандров, сохранившихся от прежнего очертания ее русла, то в начальный период расширения долины образование типичных меандров не может иметь места; они характерны для значительно более поздних стадий боковой эрозии. В начале же, во-первых, и ширина долины слишком недостаточна для их образования, и, кроме того, слишком велика разница в твердости пород на вогнутом и выпуклом берегах: с одной стороны коренные породы, с другой — рыхлые аллювиальные отложения. Поэтому река пользуется каждой возможностью для того, чтобы перенести свою размывающую деятельность с коренных пород на аллювий. Прежде чем излучина достигнет надлежащего развития для того, чтобы превратиться в меандр, она уже обычно отмирает благодаря образованию боковой протоки среди аллювиальных отложений выпуклого берега (фиг. 47). Эта протока, являясь более короткой, чем излучина, постепенно становится главным руслом, а излучина превращается в протоку или даже совсем заносится аллювиальными отложениями. Размыв коренных пород сосредоточивается в других местах, и часто при этом против выпуклых частей коренного берега оказывается вогнутый берег течения.

Прорыв излучины образованием боковой протоки является весьма обычным в начальной стадии расширения долины, когда типичные меандры в ней еще не могут развиваться. Когда же долина достаточно расширена для того, чтобы в ней могли развиваться вполне зрелые меандры, или когда она с самого начала обладает презаннанными меандрами, прорыв их чаще происходит благодаря размыву шейки меандра, наиболее узкого его места, которое по мере развития меандра становится все уже и уже и, наконец, размывается. Следует отметить, что и в этом случае не сразу вся вода устремляется в промытое место, но сначала образуется боковая протока, существующая лишь в высокую воду; потом, благодаря постепенному углублению, она становится постоянной и, наконец, превращается в главное русло (фиг. 48).

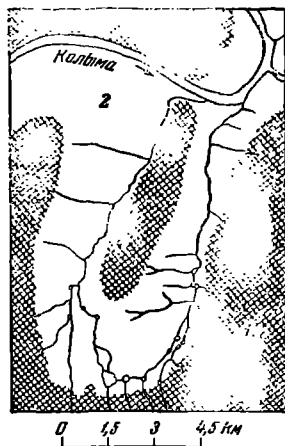
Прекрасный пример размыва и отмирания врезанного меандра благодаря прорыву его шейки дает р. Колыма вблизи устья рч. Средняканя.



Фиг. 48. Схема развития и отмирания меандра.

От устья кл. Крохалиного (фиг. 49) р. Колыма течет примерно на север, потом круто заворачивает к востоку. Далее ее прежнее русло по долине кл. Озерного и по долине кл. Согжойного вновь заворачивало на север, описывая крутой меандр длиной около 16 км. Затем шейка меандра, сложенная глинистыми сланцами, была прорвана, и река устремилась в прорыв, покинув свою прежнюю долину и сократив длину своего течения примерно на 15 км. В настоящее время прежняя долина р. Колымы занята рядом небольших озер и мелких ключиков.

Прорыв излучин и меандров иногда облегчается тем обстоятельством, что, помимо своего развития по ширине долины, они также испытывают в целом некоторое, хотя довольно медленное смещение вниз по долине. Благодаря ему шейка меандра также постепенно становится уже и, наконец, прорывается. Развитие и отмирание излучин и меандров и зарождение их в новых участках русла приводят к тому, что река постепенно расширяет свою новую долину, отодвигая склоны коренных пород все дальше и дальше (фиг. 50).



Фиг. 49. Отмерший врезанный меандр р. Колымы.

1 — коренные породы; 2 — наносы.



Фиг. 50. Молодая долина в начальном стадии расширения.

Весьма наглядную картину постепенного расширения долины дает в Колымском районе р. Урутукан. В верхнем своем течении она производит

углубление русла и течет в узкой каньонообразной долине, равной по ширине руслу. Ниже в этой молодой долине начинают встречаться местные расширения, сопровождаемые появлением низкой пойменной терраски. Еще ниже все такие расширения сливаются между собою, и пойменная терраса присутствует то по одному, то по другому берегу. В среднем течении Урутукан пересекает мощный горизонт крепких туфов и не дает здесь отчетливой картины благодаря сильному сужению своей долины. Ниже этого места опять замечается та же правильность: на одном берегу река подмывает коренные породы, на другом — присутствует низкая аллювиальная терраса. Наконец, в нижнем течении Урутукана появляются побочные протоки, прорезающие террасу низкого берега, обычно вблизи ее основания, и местами становящиеся главным руслом.

3. Нормальная ширина долины

Скорость боковой эрозии, а вместе с тем скорость расширения долины зависят в основном от тех же факторов, что и скорость глубинной эрозии, т. е. от многоводности реки, твердости пород, интенсивности выветривания и высоты окружающих гор, а также в весьма сильной степени — от глубины врезания. Эти же факторы обуславливают и нормальную ширину долины для данной реки. Если река не имеет достаточно веских оснований для того, чтобы постоянно перемещать свое русло в одну и ту же сторону, т. е. подрабатывать один и тот же борт долины, то последняя имеет определенную предельную ширину. Действительно, мы привыкли к тому, что многоводные реки имеют более широкие долины, чем небольшие; в твердых породах для рек одинаковой многоводности долины уже, чем в мягких; в высокогорных местностях долины уже, чем в местностях с плоским рельефом. Если мы встречаем ненормально узкие или ненормально широкие речные долины, мы это тотчас же замечаем и стараемся найти для этого объяснение. Короче говоря, обычно у нас имеется определенное представление о нормальной ширине долины для данной реки в данных геологических условиях.

После того как река выработает себе долину достаточной ширины, деятельность боковой эрозии не прекращается; она лишь выражается в перемещениях русла реки и в перемыке ею собственных отложений. Благодаря достаточной ширине долины излучины и меандры развиваются совершенно свободно и по достижении полной зрелости отмирают или благодаря образованию протоков при их основании или благодаря непосредственному размыву этого основания высокой водой. Отмершие части меандр сохраняются в виде проток, стариц или озер.

Повидимому, этим и объясняется то, что долина реки более уже не расширяется: излучины и меандры отмирают ранее, чем достигают коренного борта долины. Если последний местами и подмывается рекою, то этот размыв имеет чисто местное значение, не является закономерным и не отражается сколько-нибудь заметно на общей ширине долины.

Кроме того, надо учитывать и то обстоятельство, что с образованием в реке излучин и меандров длина ее течения увеличивается, т. е. уменьшается ее уклон, а вместе с тем скорость течения и эрозионная сила. Тем самым размыв коренных берегов и дальнейшее расширение долины становятся еще более трудными.

Таким образом нормальная ширина долины тесным образом зависит от размера меандров, описываемых рекою. Размер меандров и радиус их кривизны тем больше, чем многоводнее река и чем больше скорость ее течения. Джефферсон нашел, что ширина зрелой долины относится к ширине русла, как 18 : 1. В наших золотоносных районах подобных наблюдений не производилось.

Как отмечалось выше, скорость расширения долины даже для одной и той же реки зависит от окружающих геологических условий. Поэтому молодая, только что углубленная долина расширяется значительно легче и скорее в мягких породах и среди низкого окружающего рельефа, чем в твердых породах и при пересечении крупных возвышенностей. Молодые долины, пересекающие участки различной устойчивости, обычно имеют весьма неравномерную ширину. В труднее размываемых участках долина успевает лишь очень немного расшириться в то время, как в легко размываемых участках она очень быстро достигает своей нормальной ширины. Если участки различной устойчивости более или менее правильно чередуются, то долина приобретает в плане четкообразную форму.

В более устойчивых участках расширение долины может продолжаться в течение очень длительного срока. Вместе с тем по мере накопления наносов уменьшаются уклон реки, ее скорость течения и эродирующая сила, уменьшаются размер излучин и нормальная ширина долины. Поэтому, когда в таких участках расширение долины дойдет до предела, она будет все-таки уже, чем в участках более мягких пород, где она разработана в более раннюю стадию эрозионной деятельности.

Таким образом в твердых породах речная долина значительно дольше сохраняет свой молодой облик, в мягких «созревает» весьма быстро. С течением времени эта разница постепенно сглаживается и во вполне зрелых долинах чувствуется сравнительно мало. Часто характер речной долины и направление эрозионной деятельности ставят в чересчур непосредственную связь с литологическим составом пород и окружающим рельефом, не учитывая, что направление развития долин и направление эрозионной деятельности одно и то же в любых породах, и наблюдаемые различия обусловлены лишь различной скоростью развития.

Очень показательна в этом отношении долина р. Алдана от Большого Нимгера до Учюра. «В районах развития кристаллических пород долина Алдана большей частью выпрямлена в каком-либо определенном направлении; в районах же сплошного развития или преобладания известняков река сильно меандрирует. Иначе говоря, при развитии долины в кристаллических породах преобладающее значение имеет глубинная эрозия; в известняках преобладает боковая эрозия». В полном соответствии с этим находятся и поперечные профили долины. Объясняется все это тем, что на указанном участке долина р. Алдана лишь недавно испытала углубление, с которым и связаны все ее особенности, что в приведенной цитате совершенно не учтено.

4. Односторонняя боковая эрозия

Несколько иная картина расширения долины может получиться в том случае, если река под влиянием каких-либо причин имеет тенденцию перемещать свое русло неизменно в одном и том же направлении. В этом случае русло располагается в боковой части долины и размывает прилежащий коренной борт ее. Такая односторонняя боковая эрозия может повести к образованию ненормально широкой долины.

Причины, обуславливающих одностороннее смещение русла, указывают очень много. Среди них можно отметить закон Бэра, согласно которому все реки благодаря Корнолисову ускорению отклоняют свое течение в северном полушарии вправо, а в южном — влево. Закон этот, как выяснилось, проявляет свое действие далеко не всегда и на крупных реках заметнее, чем на небольших.

Некоторые придают значение общему уклону местности, считая, что притоки обычно отклоняются по направлению течения главной реки. Другие стремятся объяснить это отклонение расположением долины

относительно стран света. Влияние всех этих факторов очень трудно учитывать в каждом отдельном случае и, повидимому, в различных случаях преобладает влияние то одного, то другого из них. Мои наблюдения в Колымском и Аллах-Юнском районах говорят в пользу того, что наиболее действительный из всех этих факторов — это общий уклон местности.

Далеко не универсальным, но вполне реальным и легко учитываемым фактором является сползание делювиальных масс и развитие конусов выноса. Иногда количество поставляемого ими рыхлого материала таково, что река вынуждена отклонять свое русло к противоположному борту долины и даже размывать коренные породы. На первый взгляд кажется парадоксальным, что рыхлый, легко размываемый материал может заставить реку размывать коренные породы. Но если учесть, что этот рыхлый материал часто бывает мерзлым и потому размывается не так легко и, кроме того, поступает непрерывно и в громадных количествах, то становится понятным широкое развитие этого явления во всех районах с интенсивно идущими процессами денудации. Ясно, что чем уже долина, тем сильнее может быть отклоняющее влияние делювиальных масс.

Односторонняя боковая эрозия, вызывая перемещение русла к одному борту долины, способствует хорошему сохранению около другого ее борта древних речных террас, а вместе с тем и террасовых россыпей.

5. Заключительные замечания

Сколько бы времени ни прошло после выработки себе рекою достаточно широкой долины, боковая эрозия никогда не прекращается. Река всегда перемещает свое русло из стороны в сторону, всегда перебивает свои собственные отложения. В некоторых реках такие перемещения русла бывают весьма интенсивны. Так, например, р. Малтан в Колымском районе в течение нескольких лет подряд в месте расположения сплавной базы перемещала свое русло в сторону на 16 м ежегодно, уничтожая соответствующую часть берега и производя отложение галечника на другом берегу. Тот же Малтан в 1933 г. во время весеннего половодья смыл в пос. Эликчан 25 м берега.

В этот период своей деятельности боковая эрозия, ограничиваясь перемывом отложений самой реки, не меняет сколько-нибудь заметно характера долины и ее формы.

В процессе образования россыпей боковая эрозия играет очень большую роль, так как перемещениями русла реки в период образования россыпи и отложения золота обусловлена форма и ширина россыпи. С другой стороны, боковая эрозия, производя расширение долины, уничтожает части старой россыпи, не тронутые глубинной эрозией и временно сохранившиеся на речных террасах, и тем самым пополняет вновь образующуюся россыпь новыми количествами металла.

Глава X

ЭРОЗИОННЫЙ ЦИКЛ. НАКОПЛЕНИЕ НАНОСОВ

1. Повышения базиса эрозии

Мы ознакомились с процессами глубинной и боковой эрозии, играющими большую роль в образовании и преобразовании россыпей. Сейчас нам надлежит рассмотреть тот процесс, которым, собственно, россыпи и образуются,— процесс накопления речных наносов. По самому своему существу этот процесс является прямой противоположностью процессу глубинной эрозии: последняя ведет к уничтожению речных отложений и углублению русла реки, в то время как первый эти отложения создает, накапливает их и тем самым повышает русло реки. Ясно, что в одном и том же участке течения реки оба эти процесса не могут протекать одновременно, но каждый из них в отдельности может сопровождаться работой боковой эрозии.

Причины, обуславливающие тот и иной процесс, также являются прямо противоположными. В то время как для возникновения глубинной эрозии необходимо понижение базиса эрозии (или поднятие горной страны), для накопления наносов необходимо повышение базиса эрозии (или погружение горной страны). Как и в случае поднятия, здесь следует подчеркнуть, что важен не самый факт опускания страны, а то изменение уклона, которое при этом испытывают реки в том или ином своем участке. Рассуждениями, аналогичными тем, которые мы применяли при рассмотрении глубинной эрозии, нетрудно восстановить весь ход процесса и распространение его по речной системе.

Уменьшение уклона речной системы благодаря погружению горной страны почувствуется прежде всего реками, имеющими очень малые уклоны, т. е. реками многоводными, низовьями речной системы.

Уменьшение уклона поведет к уменьшению скорости течения, а вместе с тем и транспортирующей силы реки. То количество обломочного материала, которое река ранее выносила в море, она уже не сможет переносить и будет отлагать в своем русле, постепенно повышая его уровень. В то же время из выпележающих частей течения реки, где уменьшение уклона еще не будет заметно, будет поступать прежнее количество обломочного материала.

Повышение русла реки в ее нижнем течении вызовет уменьшение уклона на непосредственно выпележащем участке течения, где также начнется накопление наносов и повышение русла. Подобно распространению глубинной эрозии и этот процесс будет постепенно распространяться вверх по речной системе, пока не достигнет ее верховьев. Накопление наносов прекратится тогда, когда количество обломочного материала, поступающего из выпележающих частей течения, будет, примерно, соответствовать транспортирующей силе реки на каждом данном участке.

В отличие от распространения глубинной эрозии скорость распространения вверх по реке процесса накопления наносов зависит в основном от многоводности реки, но не от твердости подстилающих пород и их геологической структуры.

Повышения базиса эрозии, так же как и понижения, могут иметь чисто местный характер и тогда они отражаются только на выпележающей части речной системы. Все то, что повышает русло реки, что так или иначе ее подпруживает, что замедляет ее течение, равносильно повышению базиса эрозии и ведет к накоплению речных отложений. Если на пути течения реки образуется область поднятия — эпейрогенического, тектонического (горст) или вулканического (внедрение лакколита), она, подпруживая все выпележающее течение реки, является для него повышением базиса эрозии и вызывает усиленное накопление речных наносов, тогда как в пределах самой области поднятия река вынуждена вести глубинную эрозию.

Подпруживание реки ледником, ледниковыми моренами, оползнями, обвалами, лавовыми потоками и пр. служит повышением базиса эрозии для всей выпележающей части ее бассейна и вызывает здесь накопление наносов до тех пор, пока преграждающее течение препятствие не будет прорвано. Удлинение течения рек благодаря образованию излучия, захвату боковых долин и пр. также равносильно повышению базиса эрозии, так как уменьшает уклон реки и тем самым ведет к накоплению наносов.

2. Порядок накопления наносов

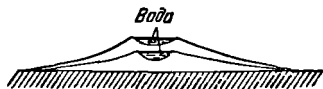
Накопление речных наносов, естественно, происходит главным образом в самом русле реки, а также в прилегающих к нему частях долины заливаемых высокой водой. В русле отлагаются более грубые наносы — в горных реках это преимущественно галечники, которые отлагаются и в непосредственно прилегающих к руслу частях долины, где выплывшая из берегов вода обладает еще значительной скоростью. Дальше же от русла, где высокая вода обладает лишь очень небольшой скоростью течения, отлагаются лишь тонкие илистые наносы.

Накопление галечников непрерывно повышает уровень русла, и высокая вода с каждым новым половодьем заливают все большую ширину долины. В этот период уровень даже средней воды расположен лишь незначительно ниже берегов. Подобную картину мы можем наблюдать в тех горных реках, которые находятся в стадии интенсивного накопления наносов. В Колымском районе весьма типично в этом отношении верхнее течение р. Малтана, где в районе устья рч. Хеты мутная весенняя вода покрывает значительную часть долины.

Дальнейшее накопление наносов в русле и непосредственно прилегающих к нему частях берега ведет к тому, что уровень реки располагается выше общего уровня долины, которая отделяется от русла валами речных отложений, накопившимися на берегу. Река Малтан у пос. Эликтан имеет вдоль берега плоское, едва заметное возвышение, расположенное выше уровня остальной долины; оно становится весьма заметным в высокую воду, которая, переливаясь через него, быстро распространяется по пониженной части долины. Ключ Беспризориный в Алданском районе в верхнем своем течении по выходе из гольцов течет выше окружающей местности, отделяясь от нее галечными береговыми валами. В этот период горные реки весьма напоминают равнинные низовья тех крупных рек, которые характеризуются интенсивным накоплением наносов и текут выше уровня своих долин (фиг. 51).

При еще большем повышении русла река легко прорывает ограничивающий ее береговой вал и прокладывает себе сначала боковую протоку, а потом и новое русло в более пониженных частях долины, которые она таким же порядком заполняет своими отложениями. Примером подобной бурно возникшей протоки может служить левая протока р. Малтана немного выше устья рч. Нызахчана, плущая с большим уклоном от русла Малтана прямо по лесу и промытая, повидному, очень немного лет назад.

Перемещения русла в период накопления наносов в более пониженные части долины происходят не обязательно путем прорыва берегового возвышения, но в значительной мере также путем постепенной работы боковой эрозии. Перемещая русло из стороны в сторону, река постепенно покрывает мощным слоем наносов свою долину во всю ее ширину.



Фиг. 51. Повышение русла реки при накоплении наносов.

Заполнению долины наносами очень способствуют выносы ее притоков и процессы денудации, если они достаточно интенсивны. Притоки, выходя из своей долины в долину главной реки, обычно испытывают заметное уменьшение уклона, ведущее к уменьшению и скорости течения. Это уменьшение не очень заметно для крупных притоков, но весьма резко для небольших притоков и особенно — для крутых боковых распадков. Оно ведет к тому, что приток, вступая в главную долину, тотчас глагает значительную часть несомого им твердого материала, который располагается в виде большого плоского полуконуса, называемого конусом выноса, имеющего вершину в месте выхода притока в главную долину и перекрывающего своим основанием ее аллювиальные отложения. Угол наклона боков конуса зависит от крупности слагающего его материала и величины изменения уклона притока: при крупном материале и резком изменении уклона он может быть очень крут.

Долины, изобилующие боковыми распадками, очень часто бывают совершенно заполнены конусами выносов в своих бортовых частях, которые благодаря этому могут значительно возвышаться над русловой частью долины. К тому же результату приводит оползающие со склонов долины делювиальные массы. В случае повышения базиса эрозии, работа реки по заполнению наносами подобной долины значительно облегчается, так как ей приходится заполнять лишь среднюю, прирусловую часть долины: бортовые части уже заполнены без непосредственного участия реки.

3. Накопление наносов как фаза эрозионного цикла

Во всех рассмотренных выше случаях мы исходили из предположения наличия готовой, разработанной в ширину долины, уже заполненной аллювиальными отложениями, и рассматривали вторичное ее заполнение поверх уже существующего аллювия. Но как же происходит первоначальное заполнение долины речными наносами, теми наносами, которые лежат непосредственно на поверхности коренных пород? Ведь для мощного накопления наносов необходимо повышение базиса эрозии. Трудно предположить, чтобы каждая горная страна после периода поднятия, вызывающего углубление долин, испытывала погружение, нужное для заполнения этих долин речными наносами.

Ближайшее рассмотрение процесса показывает, что такое погружение горной страны совершенно не нужно: процессы глубинной и боковой эрозии в своем развитии неизбежно приводят к результатам, равновесиль-

ным повышению базиса эрозии и обусловливающим мощное накопление речных отложений во вновь разработанных долинах.

По окончании глубинной эрозии река, как правило, течет по коренным породам. Так как врезание русла закончено, боковая эрозия перемещает его в сторону, не изменяя его высотного положения. При этом покинутое руслом место неизбежно должно заполниться речными отложениями, мощность которых будет примерно равна глубине русла в высокую воду. Не надо быть особенно наблюдательным, чтобы заметить, что максимальную глубину русло имеет там, где оно производит интенсивную работу боковой эрозии, т. е. у вогнутых скалистых берегов. Здесь даже очень небольшие горные речки и ключи имеют глубину 2—3 м, а иногда и более.

Надводная часть вогнутого берега непосредственно рекою почти не разрушается. Работа реки сосредоточена на подводной его части во всю ее высоту. Можно сказать, что высота «забоя», на котором река ведет работу боковой эрозии, равна глубине русла в этом месте. При подработке берега и перемещении русла реки последняя все время сохраняет примерно ту же высоту своего «рабочего забоя». Так как покинутое руслом место заполняется речными отложениями, то мощность их измеряется не средней, а максимальной глубиной русла реки в период боковой эрозии.

Ясно, что таким явлением можно объяснить накопление лишь самого нижнего слоя речных отложений, лежащего непосредственно на коренных породах и притом не особенно мощного. Накопление же мощных толщ речных наносов, когда и само русло реки подстилается речными отложениями, а не коренными породами, так просто не объяснимо. Нельзя таким порядком объяснять и накопление речных отложений в узких, не расширенных боковой эрозией речных долинах.

Вторая причина накопления речных наносов находится в большей связи с общей эволюцией реки в результате понижения базиса эрозии. Она заключается в значительном изменении уклона при переходе от крутого участка течения реки к нижележащей, уже углубленной части речной долины. В крутом участке река обладает повышенной скоростью течения и потому повышенной транспортирующей способностью. Она несет громадное количество твердого материала, часть которого, попадая в нижележащую часть долины, неизбежно отлагается; здесь река обладает нормальным уклоном, меньшей скоростью течения и меньшей способностью переноса.

Оба рассмотренных случая имеют довольно местное значение, так как не находятся в связи с общим состоянием речной системы в целом. Первый случай обусловлен причинами, действующими в каждой отдельной точке течения реки, второй — причинами, действующими лишь на небольшом участке ее течения. Кроме того, существуют причины, общие для всей речной системы, действующие одновременно на значительных ее участках и приводящие к длительному периоду накопления речных наносов и к образованию мощных их толщ.

Совместная работа глубинной и боковой эрозии вызывает образование и поступление в русло реки громадного количества обломочного материала. Весь этот материал переносится и обрабатывается рекою и в каком-то участке течения ею отлагается. Можно сказать, что в период выработки новых долин речная система насыщена переносимым ею твердым материалом. Наиболее мелкий материал выносится в нижнее течение реки, где и отлагается в громадных количествах. Накопление этого материала вызывает: 1) повышение русла реки в нижнем течении и 2) отодвигание ее устья, т. е. увеличение ее длины благодаря нарастанию дельты. Оба эти явления равносильны повышению базиса эрозии и ведут к накоплению наносов по всей речной системе. Еще большее значе-

не имеет удлинение течения реки благодаря образованию излучия при боковой эрозии. Это удлинение бывает очень значительно и вызывает соответствующее уменьшение уклона реки, т. е. опять-таки ведет к отложению наносов.

Эти три причины — отложение материала в нижнем течении, отодвигание устья реки и образование излучия — вызывают процесс длительного накопления речных наносов, который начинается сначала в нижнем течении и постепенно распространяется вверх по речной системе по мере продвижения туда идущей выше глубинной эрозии. После того как новые речные долины разработаны в глубину и ширину, после того как река благодаря образованию излучия выработала определенную длину течения, которую она более уже не увеличивает, и определенный уклон, который она более уже не уменьшает, процесс накопления наносов постепенно затухает. Мощность наносов также достигает некоторой определенной величины, которая в дальнейшем изменяется лишь немного.

4. Мощность наносов

Оценить мощность наносов в зависимости от характера реки и ее долины в каждом отдельном участке не представляется возможным. Эта мощность зависит главным образом от тех изменений, которым подвергались река и ее долина во всей нижележащей части течения в период накопления наносов. Лишь зная на основании наблюдений примерное распределение мощности наносов в данном участке речной системы, можно с той или иной степенью вероятности оценивать а priori мощность наносов в какой-либо отдельной долине. Но так как после образования первичного слоя речных наносов мощность его могла значительно увеличиться благодаря общему или местному повышению базиса эрозии или, наоборот, уменьшиться благодаря размыву верхней части первоначального слоя, иногда при такой оценке можно впасть в грубые ошибки.

Тем не менее, наблюдения показывают, что мощность речных наносов изменяется в сравнительно не очень широких пределах, если брать только те первичные речные наносы, которые отлагаются непосредственно на поверхности коренных пород при формировании новой долины. Таким образом из общей мощности наносов, выполняющих речные долины, мы должны выкинуть весь тот обломочный материал, который отложен какими-либо посторонними процессами, непосредственно не связанными с формированием долины.

Сюда относятся коллювиальные и пролювиальные образования, конусы выноса, ледниковые отложения, а также те аллювиальные отложения, которые накопились поверх первичных наносов в результате последующих погружений страны. Если также выбросить из рассмотрения те случаи, когда верхняя часть первичных наносов смыта, то окажется, что в обычных горных речках, орошающих наши золотосные районы, в подавляющем большинстве случаев мощность первичных наносов заключена в пределах от 4 до 8 м.

С другой стороны, когда мощность наносов превышает 8 м, обычно их верхние части образовались позднее, вне непосредственной связи с первичным заполнением долины наносами. Хотя и бывают случаи, что мощность первичных наносов превышает 8 м, но они достаточно редки. В результате последующего накопления наносов, особенно в случае длительного погружения страны, может образоваться весьма значительная их толща. Так, например, в Ленском районе общая мощность наносов (не только речных) в некоторых долинах достигает 100—200 м.

Мощность речных наносов может значительно изменяться даже в одном сечении речной долины по ее ширине. Наиболее близко коренные по-

роды залегают в том месте, где пролетало русло реки по окончании глубинной эрозии и перед началом накопления наносов. Действительно, после этого русло испытывало лишь боковые перемещения, но не врезалось вглубь. В начале периода боковой эрозии река, расширяя свою долину, срезала коренные породы примерно на уровне своего дна, т. е. на том же наименьшем уровне коренных пород.

С началом накопления наносов русло реки, хотя и медленно, но неизменно повышалось, и река, расширяя долину, срезала коренные породы на все более высокое уровне. Этот уровень был наивысшим в конце расширения долины, когда и русло реки занимало наивысшее положение; после этого оно хотя и повышалось, но долина реки более уже не расширялась.

Таким образом коренные породы, подстилающие речной аллювий, имеют некоторый уклон от бортов долины к ее середине, вернее, к месту наиболее древнего расположения ее русла. Величина этого уклона характеризует соотношение скорости боковой эрозии и скорости накопления речных наносов в период расширения долины. Чем медленнее шла боковая эрозия и чем интенсивнее накапливались речные наносы, тем круче будет этот уклон. Пологий уклон показывает сравнительно малую скорость накопления наносов во время расширения долины или же, наоборот, большую скорость боковой эрозии. Отсутствие уклона, т. е. расположение коренных пород по всей ширине долины примерно на одном уровне, говорит за то, что в период расширения долины уровень русла не повышался, т. е. накопление наносов шло лишь благодаря заполнению ими покидаемого руслом места.

Так как скорость расширения долины находится в тесной зависимости от литологического состава пород, а скорость накопления наносов зависит от него лишь в малой степени, то ясно, что в твердых породах поперечный уклон плотика должен быть больше, чем в мягких, легко поддающихся размыву. По той же причине в многоводных реках поперечный уклон плотика бывает меньше, чем в небольших речках.

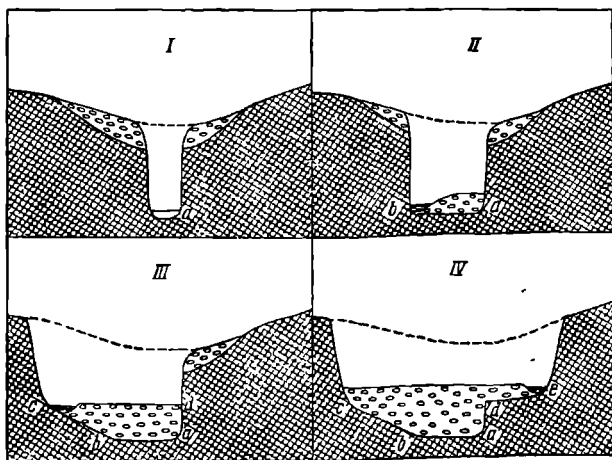
Высота залегания коренных пород может изменяться по ширине долины не постепенно, а довольно резкими скачками. Предположим, русло реки врезано в коренные породы до положения *a* (фиг. 52). Боковая эрозия перемещает его на том же уровне влево в положение *b*, после чего начинается интенсивное накопление наносов. Русло реки перемещается еще далее влево, в *c*, с одновременным повышением его уровня и с частыми отклонениями то вправо, то влево для заполнения наносами всей ширины долины. Достигнув *c*, русло с такими же временными перемещениями из стороны в сторону приобретает тенденцию к перемещению вправо. В *d* оно начинает размывать коренные породы правого берега и заканчивает расширение долины в *e*. Профиль коренных пород по ширине долины принимает очертания *cbade*; часть *de* имеет форму речной террасы, каковой она на самом деле не является. При попеременной подработке рекою то правого, то левого борта долины поперечный уклон коренных пород получается постепенный.

Колебания мощности наносов в поперечном сечении речной долины могут иметь место также благодаря неровностям плотика. В период расширения долины и заполнения ее наносами глубина русла далеко не везде одинакова. Под порогами и стремнинами часто образуются глубокие ямы; в участках течения, идущих по простиранию пород, русло углубляется значительно легче, чем в участках поперечного течения; особенно большое влияние на образование в русле глубоких вымоин могут оказать литологический состав и твердость пород; очень большие неровности часто образуются в известняках благодаря их выщелачиванию. При дальнейших боковых перемещениях русла и заполнении его преж-

него места наносами все подобные вымысы в русле сохраняются, как неровности плотика, обуславливающие порою резкие местные изменения мощности наносов, которые бывает очень трудно предугадать.

Если в поперечном сечении речной долины дно ее горбообразно, то максимальная мощность наносов будет над местом наипышшего положения коренных пород, постепенно уменьшаясь в стороны. Иногда разница в мощности достигает нескольких метров.

Благодаря тому, что бортовые части долины часто сохраняют остатки более высоких речных террас или бывают засыпаны конусами выносов и массами коллювия, общая мощность здесь наносов (но не только речных)



Фиг. 52. Формирование плотика при расширении долины и заполнении ее наносами.

всегда часто бывает даже больше, чем в средней части долины, несмотря на более высокое положение подстилающих коренных пород.

В продольном профиле долины мощность наносов также не остается постоянной, но подвержена некоторым колебаниям. Нормально мощность первичных речных наносов максимальна в низовьях речной системы и очень медленно уменьшается к ее верховьям. Однако в небольших участках речной сети подобное изменение мощности можно проследить далеко не всегда, так как, с одной стороны, на небольшом протяжении течения оно обычно невелико, с другой стороны, часто маскируется различными местными причинами. Так, например, в Колымском районе в верховьях некоторых ключей сохранились наносы более древнего эрозионного цикла, чем в их среднем и нижнем течении. Эти наносы, более мощные сами по себе (что связано, повидимому, с эпохой некоторого погружения), часто наращены к тому же некоторой толщей коллювиальных и пролювиальных образований. В то же время в низовьях ключей часто верхняя часть наносов уничтожена размывом. Поэтому здесь в верховьях ключей мощность наносов обычно больше, чем в их низовьях и более крупных долинах.

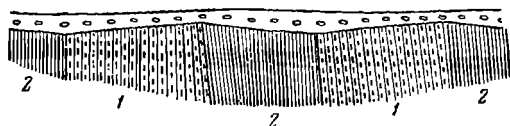
Во многих ключах Аллах-Юнского района в тех же условиях литологического состава пород наблюдается прямо противоположная картина. При мощности наносов в верховьях ключей 4—6 м в их низовьях она часто достигает 18—20 м. Объясняется это тем, что долина р. Аллах-

Юны, куда все эти ключи впадают, покрыта донной мореной последнего оледенения. Отложение донной морены послужило повышением базиса эрозии для всех притоков и повело к накоплению в их низовьях наносов.

На распределение наносов по длине долины может заметное влияние оказывать твердость подстилающих пород. Переход от глубинной эрозии к накоплению наносов происходит раньше в участках мягких пород, где раньше вырабатывается более пологий уклон и где раньше начинается и быстрее протекает процесс расширения долины.

Таким образом, когда в участках мягких пород уже происходит интенсивное накопление наносов, в участках твердых пород еще сохра-

няется коренное дно русла и в отдельных местах его может протекать не успевший окончательно завершиться процесс углубления. Последний локализуется преимущественно на порогах и перекатах, в местах выхода



Фиг. 53. Схема распределения мощности наносов в участках твердых (1) и мягких (2) пород.

особенно крепких пород или скопления крупных валунов.

Накопление наносов, протекающее на участке мягких пород, распространяется отсюда вверх по течению и на более крутой участок твердых пород, постепенно уменьшая его уклон. Если уклон и длина этого участка не очень велики, то он может быть весь покрыт наносами, еще не успев пропилировать до конца свои пороги, которые в этом случае окажутся погребенными. Если же уклон и длина этого участка достаточно велики, то мощности наносов, накопившихся ниже по течению, может оказаться недостаточно для покрытия наносами всего порожистого участка. В этом случае процесс накопления наносов распространится лишь на его нижнюю часть, а в верхней пороги так и останутся непогребенными и лишь очень постепенно будут пропилироваться.

При этом, конечно, тот процесс накопления наносов, который протекает в низовьях речной системы и отсюда распространяется вверх по ней, не будучи в состоянии погребсти порожистый участок и, так сказать, перешагнуть через него, не сможет оказать никакого влияния и на всю выпележающую часть течения реки. Накопление наносов здесь будет происходить лишь под влиянием местных причин.

Таким образом при чередовании вдоль реки участков мягких и твердых пород, т. е. участков более пологих и более крутых, минимальная мощность наносов наблюдается в верхней части крутых участков. Отсюда она постепенно возрастает вниз по течению и в пределах пологого участка остается более или менее постоянной (фиг. 53). Речные наносы распределяются так, что как бы стремятся сгладить разницу уклонов в различных участках. Это и понятно, так как с покрытием долины наносами русло реки повсеместно располагается на них, и сопротивляемость его дна размыву делается одинаковой на всех участках.

Что касается самого механизма накопления наносов, то он будет рассмотрен в гл. XII.

Глава XI

ЭРОЗИОННЫЙ ЦИКЛ В ЦЕЛОМ И ЕГО ФАЗЫ

1. Фаза переноса матернала

По окончании периода интенсивного накопления наносов река вступает в период относительного покоя. В этот период, хотя мы и встречаемся с проявлениями глубинной и боковой эрозии и с процессом накопления наносов, но все они имеют чисто местное значение и не отражаются на характере реки и ее долины.

Глубинная эрозия обычно возникает в местах прорыва крупных излучин, но протекает лишь в речных наносах и довольно быстро сходит на нет благодаря образованию излучин в других местах. Иногда от периода углубления долины остаются не пропиленные до конца выходы твердых пород, не покрытые и речными наносами в период их накопления. В период покоя глубинная эрозия потихоньку работает над пропиливанием таких мест и уменьшением их уклона.

Работа боковой эрозии сводится к перемыву рекою собственных отложений и перемещению русла в пределах долины. Размыв коренных пород, т. е. расширение долины, имеет лишь чисто местное значение. Накопление наносов в основном происходит при боковой эрозии в понижаемых руслом местах, но не ведет к повышению общего уровня долины.

Основная работа реки в этот период сводится к переносу твердого материала, поставляемого ей бурными дождевыми потоками и процессами денудации. Река служит тем каналом, по которому весь этот материал выносится за пределы горной страны, содействуя общему снижению ее уровня. В таком состоянии река находится до тех пор, пока не наступит новый эрозионный цикл — произойдет понижение базиса эрозии и начнется оживление эрозионной деятельности. Снособы переноса твердого материала были уже нами рассмотрены в гл. VII.

2. Фазы эрозионного цикла

Таким образом, каждый эрозионный цикл может быть разделен на четыре периода или на четыре фазы, следующие одна за другой в определенной, строго логической последовательности и приводящие речные долины через целый ряд изменений в то исходное состояние, из которого они начали свое развитие, но на другом относительном уровне. Фазы эти не строго разграничены между собою во времени и обычно несколько друг друга перекрывают.

1. Фаза глубинной эрозии, или фаза углубления долины, знаменует собою начало эрозионного цикла. Эрозионная деятельность реки направлена в основном на проработку в старой, хорошо разработанной долине новой долины, расположенной на более глу-

боком уровне. Углубление заканчивается, когда река приобретает свой нормальный уклон, нарушенный понижением базиса эрозии.

2. Фаза боковой эрозии, или фаза расширения долины или перекрывает частично предыдущую фазу или начинается по ее окончании. Эрозионная деятельность реки направлена в основном на расширение вновь углубленной долины. Расширение заканчивается, когда река приобретает нормальную ширину долины, в пределах которой свободно перемещаются образуемые ею пеллучины.

3. Фаза накопления наносов, или фаза заполнения долины начинается по окончании глубокой эрозии и протекает одновременно с фазой расширения долины, оканчиваясь обычно позднее ее. Эрозионная деятельность реки направлена в основном на заполнение вновь разработанной долины речными наносами по всей ее ширине. Накопление наносов заканчивается, когда река благодаря образованию излучин приобретает определенную длину и уклон, более уже не изменяющийся.

4. Фаза покоя, или фаза переноса начинается по окончании двух предыдущих фаз. Эрозионная деятельность реки благодаря затуханию основных процессов трех предыдущих фаз сосредоточивается в основном на переносе твердого материала и выносе его за пределы горной страны. Эта фаза длится неопределенно долгое время, до тех пор, пока не начнется новый эрозионный цикл. Речная долина пришла в исходное состояние.

В разделении и характеристике фаз эрозионного цикла очень большое значение имеет определенная направленность эрозионных процессов. Перенос твердого материала имеет место в течение всех фаз эрозионного цикла. Но в течение первых трех фаз он подчинен основному процессу данной фазы и не имеет самостоятельного значения. Так, например, при углублении долины он направлен на то, чтобы освободить углубляемый участок от обломочного материала и тем содействовать его углублению. При заполнении долины он направлен на то, чтобы доставлять материал, который накапливается. Лишь в течение последней фазы цикла перенос материала не подчинен никакому другому эрозионному процессу и имеет самостоятельную задачу: вынос материала за пределы горной страны и снижение ее общего уровня.

В то же время процессы боковой эрозии, выражающиеся в боковых перемещениях русла, имеют место и в течение двух последних фаз цикла. Но в предпоследнюю фазу они подчинены процессу заполнения долины, так как без перемещения русла невозможно было бы заполнение долины наносами по всей ее ширине. В последнюю же фазу они не направлены к какой-либо определенной цели, являясь лишь деталью в процессе переноса материала.

3. Определение эрозионного цикла

Создавая учение об эрозионных или географических циклах, Дэвис понимал под ними циклы в развитии всего рельефа горной страны — от пенеplanation через горную страну опять к пенеplanation. За начало эрозионного цикла он принимал понижение базиса эрозии и связанное с ним углубление речных долин. Позднее Дэвису был сделан справедливый упрек в том, что отрезки времени, потребные для полной пенеplanation местности, и отрезки, проходящие между отдельными понижениями базиса эрозии, величины совершенно различного порядка. В то время как пенеplanation горной страны требует для себя отрезков времени порядка геологических периодов, понижения базиса эрозии представляют весьма ча-

стое (во времени) и широко распространенное явление. Поэтому вряд ли целесообразно объединять их в обобщающем понятии эрозионного цикла.

В настоящее время в геоморфологической литературе термин «эрозионный цикл» применяется обычно лишь к эрозионной деятельности, независимо от развития всего рельефа горной страны в целом. Как мы видели, процессы эрозионной деятельности, а вместе с тем и процессы развития речных долин носят резко выраженный циклический характер: от зрелой долины через молодую опять к зрелой. Таким образом применение термина «эрозионный цикл» в более узком смысле имеет под собою все основания. Говоря в дальнейшем об эрозионных циклах, мы будем понимать под ними не географические циклы Дэвиса, а лишь циклы в развитии речных долин.

4. Географическое распределение фаз эрозионного цикла

Последовательность фаз эрозионного цикла во времени и характер их распространения по речной системе показывают, что при обновлении эрозионной деятельности различные участки речной сети находятся в различных фазах цикла. В то время как верховья речной сети могут переживать еще фазу покоя предыдущего эрозионного цикла, ниже по течению будут расположены участки, переживающие фазу углубления долины, еще ниже — переживающие фазу расширения долин и, наконец, внизу — фазу накопления наносов. Чем ниже по течению, тем в более поздней фазе развития находится речная сеть, чем выше по течению — тем в более ранней.

При местных понижениях базиса эрозии процесс преобразования испытывают сравнительно небольшие участки речной сети и иногда даже отдельные речные долины. При региональных эпейрогенетических поднятиях процесс преобразования испытывают все долины речной сети часто на громадной территории. Соединяя между собою участки речной сети, находящиеся в одинаковой фазе развития, мы получаем вполне определенную зону, характеризваемую данным состоянием речной сети.

Таким образом в период преобразования речных долин на территории, испытывающей поднятие, мы можем выделить следующие зоны, начиная от верховьев речной сети к ее низовьям:

1. Зона зрелых долин старого эрозионного цикла.
2. Зона углубления долин.
3. Зона расширения долин и заполнения их речными отложениями.
4. Зона зрелых долин нового эрозионного цикла.

Границы смежных зон представляют собою геометрические места точек, которых отдельные стадии преобразования долин, распространяясь от базиса эрозии, достигают одновременно. Так как скорость распространения процесса преобразования долин зависит в основном от твердости пород и многоводности реки, то теми же факторами обусловлены и чертания зон. По более крупным водным артериям и в условиях мягких пород границы их проникают очень далеко от устья, по средним рекам — более умеренно, по небольшим и в условиях твердых пород — весьма недалеко.

По мере хода процесса преобразования речных долин границы зон постепенно продвигаются вверх по речной сети. При этом неизбежно первая зона сокращается, четвертая увеличивается, вторая и третья остаются более или менее постоянными. Когда процесс преобразования долин закончен по всей речной сети, остается лишь одна четвертая зона, которая существует неопределенно долгое время и в следующий эрозионный цикл играет уже роль первой зоны.

В течение всего времени существования зон речной сети границы их имеют весьма прихотливые, ветвистые очертания, вдаваясь очень далеко вверх по крупным водным артериям и весьма немного по мелким. Как увидим дальше, каждая зона речной сети характеризуется развитием определенного типа аллювиальных россыпей. Таким образом установление этих зон имеет большое практическое значение. Прекрасным примером их развития вместе с характерными для них типами аллювиальных россыпей является область Станового нагорья, которая будет подробно рассмотрена в гл. XIII.

5. Речная сеть пенеплена

Говоря о преобразовании речных долин, уместно остановиться в нескольких словах на речной сети пенеплена, в отношении которой существует предрассудок, являющийся настолько распространенным, что он вошел даже в некоторые учебники. Часто считают, что по мере пенеппенизации горной страны снижается не только уровень ее водораздельных пространств, но и уровень ее речных долин. Другими словами, в пенеппене долин значительно меньше, чем было в той горной стране, из которой пенеппен образовался. Такой взгляд является грубейшим предрассудком.

Это явление могло бы иметь место лишь в том случае, если бы в процессе пенеппенизации горной страны происходили колебания базиса эрозии. Действительно, снижение уровня речных долин возможно или при условии общего погружения горной страны, т. е. повышения базиса эрозии, или при условии, что река прорезает свои наносы и проработает в коренных породах более глубокую долину. Для последнего случая необходимо понижение базиса эрозии, и то при этом снижение уровня долин произойдет не относительно уровня моря, а лишь относительно поверхности горной страны.

Но процесс пенеппенизации горной страны не зависит ни от каких колебаний базиса эрозии, причинно с ними совершенно не связан и в природе зачастую имп не сопровождается. Он обусловлен тем, что процессы выветривания и денудации стремятся сравнять уровень горной страны с уровнем прорезающих ее речных долин. Это происходит, с одной стороны, путем снижения водораздельных пространств, с другой — путем заполнения долин речными наносами, конусами выносов и коллювиальными массами. Если учесть, что по мере пенеппенизации местности уменьшается коэффициент стока и реки становятся менее многоводными, то остается еще менее причин для снижения уровня долин.

Этот уровень является тем пределом, к которому стремится процесс пенеппенизации и с приближением к которому он постепенно затухает. Ясно, что течение процесса не может отразиться на снижении этого уровня. Уровень речных долин — это то, что пенеппен получает от горной страны и сохраняет неизменным. Фигурально выражаясь, пенеппен — это равнина, орошаемая горными реками.

Будучи некогда сам заражен этим предрассудком, я в 1926 г. попал в типичный пенеппен северной части Алдано-Тимптонского водораздела. Каково было мое удивление, когда вместо каких-то особенных почти равнинных рек я нашел самые обыкновенные горные речки, принципиально ничем не отличающиеся от тысяч таких же рек, орошающих горные районы. Таким образом аллювиальные отложения, выполняющие речные долины пенеппена, могли образоваться в них еще в то время, когда пенеппен был горной страной.

Глава XII

ОБРАЗОВАНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ

1. Общие замечания

Как мы видели при рассмотрении эрозивной деятельности, довольно трудно говорить об образовании речных долин. Гораздо правильнее говорить о преобразовании речных долин, так как в смене эрозивных циклов по мере уничтожения старой долины постепенно возникает новая долина на ином высотном уровне, причем одна долина непрерывно переходит в другую.

Точно так же правильнее говорить не о процессе образования аллювиальных россыпей, а о процессе их преобразования. Одновременно с уничтожением старой долины уничтожается и заключенная в ней старая аллювиальная россыпь; вместе с тем в молодой долине начинает расти новая россыпь за счет размыва старой. Говорить об образовании аллювиальной россыпи можно лишь тогда, когда коренное месторождение, питающее ее металлом, только начинает вскрываться процессами деструкции. В этом случае прилежащая к нему речная долина еще не содержит аллювиальной россыпи, и лишь в ее бортовой части начинается накопление металлоносного коллювия.

С началом нового эрозивного цикла в процессе преобразования долины накопившийся коллювий подвергается перемыву, давая начало первой аллювиальной россыпи. Во все последующие циклы эрозии к началу преобразования долины в ней уже существует готовая аллювиальная россыпь, которая подвергается перемыву, пополняясь новыми количествами металла за счет коллювия, успевшего накопиться с начала предыдущего цикла эрозии.

Таким образом случай, когда аллювиальная россыпь образуется в речной долине впервые, является довольно исключительным, и потому, рассматривая процесс образования аллювиальной россыпи, мы должны исходить из предположения наличия в старой долине уже готовой россыпи, т. е. рассматривать по существу процесс ее преобразования. Этот процесс естественно разбивается на три последовательные стадии:

1. Размыв старой россыпи.
2. Перенос металлоносного обломочного материала вниз по течению.
3. Образование новой россыпи.

Рассмотрением этих стадий процесса мы сейчас и займемся.

2. Размыв старой россыпи глубинной эрозией

Аллювиальная россыпь, залегающая в речной долине под более или менее значительным слоем торфов, не связана в своем положении с руслом реки. Последнее может испытывать значительные боковые перемещения, оставляя иногда россыпь далеко в стороне от себя. В зависимости

от расположения россыпи и русла к началу глубинной эрозии, процесс преобразования россыпи может сильно варьировать в деталях. Наиболее простой случай — это, когда старая россыпь расположена непосредственно под руслом. В этом случае она или полностью или в значительной своей части размывается в фазу глубинной эрозии. С рассмотрения этого наиболее простого случая мы и начнем.

Как только глубинная эрозия, распространяясь вверх по реке, достигает нижнего конца россыпи, здесь происходит некоторое увеличение уклона русла вследствие его углубления ниже по течению. Скорость течения увеличивается; вместе с тем увеличивается мощность активного слоя наносов. Расход твердого материала возрастает, поступление его из вышележащей части течения реки остается прежним, так как увеличение уклона здесь еще не успело сказаться. В итоге мы имеем убыль донных наносов за счет вовлечения в движение все более глубоких их слоев. Так начинается постепенное врезание русла в аллювиальные отложения долины. С каждым новым половодьем вследствие убыли донных наносов слой аллювия, подстилающий русло, становится все тоньше, вместе с тем высота берегов над руслом увеличивается, уровень русла медленно снижается.

Слой торфов, покрывающих металлоносные пески непосредственно под руслом, уменьшается, и, наконец, в движение донных наносов вовлекается и верхняя часть металлоносного пласта. Это происходит тогда, когда мощность остающихся торфов становится меньше мощности активного слоя. При дальнейшем углублении русла размываются все более и более глубокие части металлоносного пласта и, наконец, размыв доходит до плотика: река начинает врезаться в коренные породы, а размыв металлоносного пласта распространяется все дальше и дальше вверх по течению.

Металл, перемещаемый во время половодья вместе с донными наносами, благодаря своему большому удельному весу бывает сосредоточен в самых нижних частях активного слоя мощностью всего лишь в несколько сантиметров. Это сильно облегчается тем, что во время движения наносы бывают сильно разбавлены водой и испытывают непрерывные внутренние перемещения. Если в движение вовлекается более значительная по мощности часть металлоносного пласта, то вскоре же после начала движения весь металл все равно осаждается в самый нижний слой, и таким образом мощность торфов в русле в течение всего периода размыва металлоносного пласта остается сравнительно постоянной — чуть меньше мощности активного слоя.

Самая нижняя часть активного слоя, где при переносе сосредоточен весь металл, обладает наименьшей скоростью движения, местами приближающейся к нулю. Кроме того, самые частицы металла, как наиболее тяжелые и потому наименее подвижные, должны отставать в своем движении от вмещающего их обломочного материала. Таким образом через поперечное сечение русла проносится ничтожное количество металла за то время, когда в верхних частях активного слоя перемещаются громадные массы пустого аллювия.

Распространяясь вверх по течению, размыв достигает верхнего конца россыпи и дальше протекает уже в пустых аллювиальных отложениях, расположенных выше по течению. В месте расположения старой россыпи в это время располагается крутой участок течения, и металл, освободившийся при размыве россыпи, перемещается вниз по течению в нижней части активного слоя непосредственно по поверхности коренных пород.

Ширина долинной россыпи обычно бывает значительно больше ширины русла, поэтому последнее при своем врезании размывает только ту часть россыпи, которая расположена непосредственно под ним. Части россыпи, расположенные в стороне от русла, вначале остаются нетронуты-

ми. Дальнейшая их сохранность зависит от того, как происходит врезание русла в коренные породы. Если оно протекает в форме образования узкого каньона, то бортовые части россыпи так и сохраняются, превращаясь в террасовые россыпи, которые уже могут быть размыты при расширении новой долины.

Если врезание протекает с образованием V-образной долины, то шансы на сохранение бортовых частей россыпи могут быть лишь в том случае,

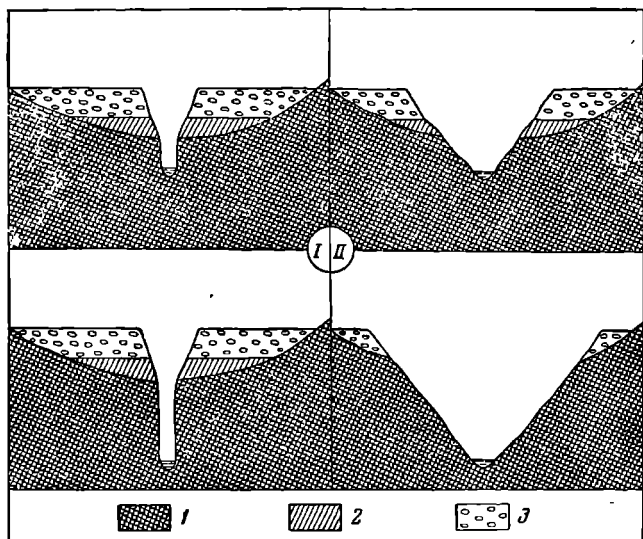


Рис. 54. Размыв старой россыпи при углублении русла каньоном (I) и V-образной долиной (II).

1 — коренные породы; 2 — пески; 3 — торфа.

если глубина врезания незначительна. При более значительной глубине врезания неизбежно уничтожается вся старая россыпь (фиг. 54). Бортовые ее части разрушаются не непосредственным размывом, а вследствие выветривания и денудации крутых склонов новой долины. При этом металлоносный аллювий, осыпаясь вниз по склонам, смешивается с продуктами их выветривания и вместе с ними перемещается процессами денудации вниз к непрерывно снижающемуся уровню русла. Таким образом поступление металла в русло от разрушения бортовых частей россыпи растягивается в этом случае на весьма длительный срок.

Если старая россыпь обладала достаточной шириной, то самые края ее могут все же оказаться нетронутыми при углублении русла. Они или будут уничтожены при расширении новой долины или так и сохранятся в виде обрывков террасовых россыпей. В этом случае склон террасы, обращенный к новой долине, будет покрыт слоем делювия, содержащим в довольно рассеянном виде значительную часть аллювиального металла старой россыпи. Так как по окончании формирования новой долины этот делювий будет лишь весьма постепенно перемещаться к ее уровню, то заключенный в нем металл на довольно длительный срок окажется изъятый из сферы эрозивной деятельности и не сможет быть использован при образовании новой аллювиальной россыпи.

3. Механизм врезания русла в коренные породы

Освободившись при размыве старой россыпи, металл поступает на крутой участок течения и перемещается по нему вниз. Здесь скорость течения и скорость движения донных наносов во время половодья настолько велики, что сплошность их покрова нарушается, и участки донного аллювия чередуются с участками коренного дна. Перемещение аллювия и особенно металла происходит преимущественно во время половодья. Сам процесс перемещения настолько тесно связан с процессом врезания русла в коренные породы, что сначала надо сказать несколько слов об этом последнем.

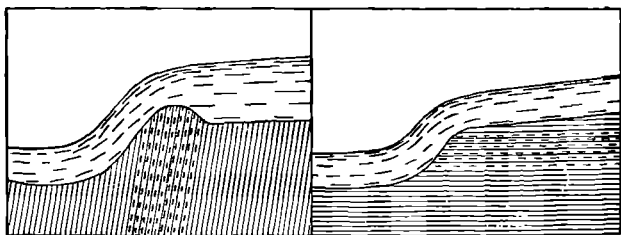


Рис. 55. Устойчивые пороги в русле при вертикальном и горизонтальном залегании твердых пород.

Углубление русла никогда не происходит равномерно по всей длине крутого участка. Здесь больше, чем где бы то ни было, река склонна образовывать каменистые перекаты, пороги, водопады, глубокие вымывы. Более податливые участки русла значительно опережают в своем углублении более стойкие участки. Последние, часто в течение всего периода углубления, образуют пороги, сложенные или коренными породами или крупными валунами. Если пороги обусловлены выходами твердых пород, то они являются устойчивыми и в процессе углубления либо не испытывают смещения вдоль русла (при вертикальном падении твердых пород), либо медленно перемещаются, чаще вверх по течению (при наклонном или горизонтальном залегании пород) (фиг. 55).

Если наличие порогов обусловлено присутствием в русле валунов, не связанных с подстилающими их коренными породами (например ледниковые, скатившиеся со склона или принесенные рекою сверху), или другими случайными причинами, то пороги не являются устойчивыми и могут довольно быстро изменять свое положение и даже совершенно исчезать.

При врезании русла в породы более или менее одинаковой устойчивости, например в сплошные глинистые сланцы или граниты, углубление все-таки не протекает равномерно. И здесь мы обычно имеем чередование более крутых и каменистых участков с глубокими вымывами (уловами), дно которых часто бывает настолько переуглублено живой силой течения, что в нижней части улова может иметь даже обратный уклон. Подобные перекаты и ямы, не будучи обусловлены устойчивыми причинами, обычно перемещаются вверх по течению, постепенно сменяя друг друга.

Самый механизм углубления русла в основном обусловлен двумя процессами: истиранием коренных пород дна и их выкрашиванием. Истирание производится теми громадными количествами обломочного материала, которые перемещаются рекою по поверхности коренных пород во время половодья.

Этот обломочный материал шлифует поверхность коренных пород, по которой он движется, и, с одной стороны, сглаживает на ней все неров-

ности, с другой стороны, может, наоборот, высверливать в ней довольно значительные углубления.

Сглаживание неровностей происходит при поступательном движении аллювия вдоль русла. Но иногда бывает достаточно небольшой, но благоприятно расположенной неровности дна, чтобы в ней начали образовываться постоянные завихрения течения. Эти завихрения производят вращение гальки, попадающей в эту неровность дна, и тем самым ее рассверливают. Подобные завихрения могут образоваться и на совершенно ровных участках дна ниже каких-либо постоянных препятствий, например крупных валунов; в этом случае они могут вызвать зарождение неровности дна.

Чем больше подобная неровность рассверливается, тем больше в ней задерживается галька и тем большей силы образуются завихрения течения. В результате могут образоваться значительных размеров углубления, носящие названия «карманов», «западин», «исполиновых котлов» и пр. Особенно легко они высверливаются в коренном дне ниже порогов и водопадов, где водовороты достигают особенно большой силы.

Выкрашивание коренного дна требует предварительной подготовки его процессами подводного выветривания, заключающейся в образовании и разработке трещин. Это выветривание протекает в общем тем же порядком, что и обычное выветривание горных пород, с той лишь разницей, что здесь не имеют места резкие колебания температуры. В тех случаях, когда русло промерзает до коренного дна, замерзание воды в трещинах последнего может значительно ускорить ход выветривания. Очень большую роль играет также механическая сила течения и переносимого им каменного материала.

Как и в обычном выветривании, менее устойчивые породы выкрашиваются в виде сравнительно мелкой щебенки. Твердые породы, склонные давать в русле пороги, чаще распадаются на довольно крупные валуны, между которыми течение разбивается на отдельные струи. Эти валуны или подвергаются дальнейшему измелчению или перемещаются вниз по течению.

По мере образования и расширения в коренном дне трещин отдельные его куски выламываются механической силой течения, предоставляя выветриванию более глубокие части дна. Невозможность сохранения на дне русла сколько-нибудь толстой защитной коры выветривания значительно ускоряет процесс его углубления.

При углублении русла в известяках заметное влияние может оказать растворение их речной водой.

4. Перенос металла вниз по течению

С наступлением половодья и увеличением скорости течения донные наносы, покрывающие коренное дно русла в углубляемом участке течения, приходят в движение. Сначала начинает двигаться их верхний, не содержащий металла слой; при полном половодье вовлекается и самый нижний металлоносный слой, лежащий непосредственно на коренном дне.

Так как скорости перемещения металла и остального обломочного материала достаточно различны, то металл связан в своем перемещении не с какой-либо определенной, но с непрерывно меняющимися порциями аллювия. В тех местах крутого участка, где в русле преобладает коренное дно и аллювиальный материал покрывает его лишь отдельными пятнами, металл обычно бывает сосредоточен в верхней по течению части таких пятен, так как в своем движении он заметно отстает от остального аллювия. В некоторых случаях весь аллювиальный каменный материал может оказаться унесенным вперед, и частицы металла останутся разбросанными в разных местах коренного дна без всякой покрывки.

Там, где дно русла является гладким и хорошо отшлифованным, металл перемещается по нему довольно легко и вряд ли намного отстаёт в своём движении от остального аллювия. Там же, где дно покрыто какими-либо неровностями, карманами, трещинами, слоистости, отделившиеся при выветривании и пр., металл обычно сильно задерживается. Все эти неровности, не представляющие большого препятствия движению аллювия, являются в то же время трудно преодолимыми для металла вследствие его громадного удельного веса.

Задерживаясь в карманах, металл может иногда давать здесь значительные концентрации. Необходимым условием для этого является, чтобы

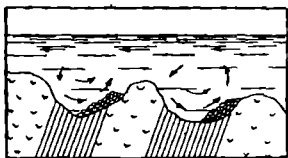


Рис. 56. Водовороты между выступами твердых пластов.

дать богатой концентрации металла, но в некоторых из них она может быть очень велика.

Примерно аналогичные условия создаются и в тех случаях, когда коренное дно представляет довольно частое чередование крепких и мягких пластов, простирающихся примерно поперек русла. Мягкие пласты, легче выкрашиваясь, образуют более или менее глубокие борозды, между которыми сохраняются выступы твердых пластов. Быстрое течение создает в этих бороздах водовороты с горизонтальной осью, которые вымывают из них более легкий материал и не могут вымыть металла (фиг. 56).

Несколько иными причинами обусловлена задержка металла в трещинах коренного дна. При выкрашивании последнего, перед отделением куса породы ограничивающие его трещины достаточно широки, чтобы в них могли проникнуть песок и частицы металла. Так как последние перемещаются непосредственно по поверхности коренных пород и обладают большим удельным весом, они забиваются в эти трещины особенно легко. Если породы дна мало и неправильно трещиноваты, например граниты, то они не создают благоприятных условий для глубокого проникновения металла по трещинам. Как только кусок породы, ограниченный этими трещинами, выламывается, металл, попавший в трещины, освобождается и вновь начинает перемещаться вниз по течению.

Наоборот, в таких породах, как глинистые сланцы, которые очень легко распадаются на отдельные плитки, металл в больших количествах забивается глубоко между плитками, и при выкрашивании верхнего их слоя лишь оседает в еще глубже расположенные трещины, почти не испытывая смещения вниз по течению. Особенно благоприятствует проникновению металла в трещины глинистых сланцев их протирание поперек русла. При этом, с одной стороны, ребристая поверхность сланцев («щетка») задерживает движение частиц металла вдоль русла, улавливая их на манер естественного трафарета, с другой стороны, напор течения и удары переносимого им каменного материала вызывают вибрацию плиток сланца, значительно облегчающую проникновение металла вглубь по трещинам.

В золотоносных районах с преобладанием глинистых сланцев (Колымский, Аллаха-Юнский) подобные золотоносные щетки сланцев не представляют редкости; они встречаются как непосредственно в руслах ключей,

так и по их коренным, заливаемым в половодье, берегам. Довольно часто они служат объектом промышленной эксплуатации. Насколько сильно забиваются частицы металла в трещины сланцев, можно судить по тому, что подобные щетки иногда лишь с трудом разбираются кайлой и при их разработке обычно приходится применять лом. Глубина проникновения металла изменяется в пределах от 10 до 60 см, содержание постепенно убывает с глубиной. Если разобрать самую верхнюю часть щетки, то часто золотишки видны на поверхности сланцевых плиток простым глазом.

Все подобные препятствия очень сильно задерживают продвижение металла вниз по крутому участку. Следует отметить, что крупные частицы металла задерживаются преимущественно в карманах, откуда мелкие частицы сравнительно легко вымываются. Мелкие частицы, наоборот, задерживаются преимущественно в трещинах, куда крупные частицы не могут попадать благодаря своим размерам. Поэтому в сильно трещиноватых породах иногда наблюдается, что крупный металл, в том числе и самородки, смещаются далеко вниз по течению, в то время как значительное количество мелкого металла остается в верхних по течению частях россыпи.

Несмотря на то, что задержка металла в неровностях дна оказывает заметное влияние на процесс его перемещения, он все же задерживается далеко не весь, и довольно значительная его часть перемещается нормальным порядком в нижнем слое донных наносов. Скорость этого перемещения очень неравномерна: на каменистых перекатах и порогах она очень велика, и здесь как металл, так и остальной обломочный материал испытывают задержку лишь в том случае, если заклиниваются между крупными валунами или попадают в «конус тени», образующийся ниже крупных валунов, где течение или отсутствует или даже происходит в обратном направлении; но достаточно этим валунам несколько сдвинуться, как весь задержанный ими материал устремляется дальше.

В уловах, которые обычно образуются ниже порогов и перекатов, скорость течения заметно меньше. Следует отметить, что то распределение скорости течения между плесами и перекатами, о котором говорилось в гл. VII, справедливо лишь в том случае, если русло сложено рыхлыми аллювиальными отложениями, благодаря чему не только форма русла оказывает влияние на распределение скорости течения, но и последние регулирует форму и очертания русла.

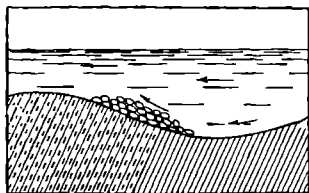
На углубляемом участке течения русло сложено преимущественно коренными породами, и здесь максимальная скорость течения и в межень и в половодье наблюдается обычно на порогах и перекатах. Улова (плесы) и перекаты могут однако присутствовать как на загоротах, так и на прямолинейных участках течения, так как очертания русла обусловлены здесь не столько распределением скорости течения, сколько геологической структурой коренных пород.

Попавшая с переката в уलोво, обломочный материал распределяется в нем довольно прихотливым образом в зависимости от силы и расположения тех водоворотов, которые образуются под перекатом. В улове скорость передвижения наносов значительно меньше. Особенно мала она в тех участках, где дно улова имеет заметный обратный уклон. Здесь течению приходится работать против силы тяжести, что особенно отражается на перемещении металла и значительно меньше на перемещении остального обломочного материала. Поэтому в подобных участках концентрация металла увеличивается. В уже сформировавшихся россыпях это весьма обычное явление, что наилучшая концентрация металла встречается не в «провалах» плотика, но на его подъеме (фиг. 57).

При спаде половодья и уменьшении скорости течения движение донных наносов сокращается. Они останавливаются до следующего половодья.

Их задержка и временное накопление происходят преимущественно в тех местах, где скорость их движения наименьшая. В то время как на порогах и перекатах скорость течения даже в малую воду настолько велика, что аллювиальный материал не может здесь задерживаться, в уловах уменьшение мощности активного слоя и накопление аллювия замечаются, как только вода начинает спадать. Поэтому в тех участках русла, где улова и перекаты часто чередуются между собою, остановка и временное накопление доянных наносов при спаде половодья происходит всегда примерно в одних и тех же местах.

В некоторых реках, особенно более крупных, присутствуют участки течения и несколько иного характера. Здесь хотя и происходит углубление русла, дно которого сложено коренными породами, но нет столь резко выраженного чередования порогов и глубоких плесов; русло сохраняет по всей длине хотя и несколько меняющуюся, но все же сравнительно постоянную глубину. Чаще всего подобные места встречаются в нижней части крутого, углубляемого участка реки, там, где процесс врезания русла или заканчивается или закончен, но коренное дно еще не успело покрыться аллювием.



Фиг. 57. Накопление аллювия на подъеме коренного дна.

В подобных участках остановка аллювия при спаде половодья часто происходит в самых случайных местах, там, где его этот момент застанет. Поэтому здесь не бывает «излюбленных» мест временных остановок аллювия.

Все подобные накопления аллювия весьма непостоянны, так как в следующее половодье они вновь начинают свое перемещение вниз по течению. Металл расположен лишь на поверхности коренных пород, и мощность металлоносного слоя ничтожна. Невелика и мощность прикрывающих его пустых аллювиальных отложений. Она или примерно равна мощности активного слоя или даже несколько больше ее, так как в период спада половодья происходит не только остановка, но и некоторое накопление аллювия с увеличением его мощности.

Примером подобного временного накопления металлоносного аллювия, происшедшего, правда, в несколько иных условиях, могут служить те его участки, которые были обнаружены в 1932 г. в русле р. Колымы в районе устья рч. Урутукана. Здесь паровой разведкой вблизи устья кл. Три Медведя среди коренного дна Колымы были найдены небольшие участки галечников незначительной мощности, содержавшие в самом нижнем слое довольно значительную концентрацию золота. В ближайшее половодье эти участки переместились вниз по течению, а на месте их прежнего залегания оказалось коренное дно.

Помимо подобных, весьма непостоянных накоплений аллювия, существующих на одном месте лишь от половодья до половодья, в углубляемом участке течения могут возникать также временные, но все-таки значительно более устойчивые его скопления, существующие иногда на одном месте длительный ряд лет. Обычно они образуются в тех местах, где русло оказывается сильно переуглубленным по сравнению с выше- и нижележащими участками его. Это переуглубление бывает обусловлено, с одной стороны, большей мягкостью здесь пород, с другой — живой силой воды, падающей с вышележащего порога или переката. Если последний будет рекою размыт или отступит вверх по течению, то в переуглубленном участке русла под влиянием уменьшения скорости течения начнется систематическое накопление аллювия, и на значительной

части своего протяжения этот участок окажется покрытым сплошным покровом аллювиальных отложений. Этот покров будет существовать до тех пор, пока выходящий перекат, являющийся для данного участка местным базисом эрозии, не будет рекою углублен, после чего опять начнется размыв накопившегося аллювия.

В некоторых случаях выше очень трудно размываемых перекатов река может боковыми перемещениями русла несколько расширить свою молодую, только углубляемую долину, вызвав накопление аллювия на одном берегу. По размыве переката русло здесь вновь начнет углубляться, и накопившийся аллювий или будет размыв или в течение некоторого, обычно очень непродолжительного, срока может сохраниться в виде небольшого обрыва террасы.

Подобного рода скопления могут обладать значительно большими размерами, чем участки аллювия, останавливающиеся от половодья до половодья. Часто эти скопления покрывают дно русла на всю его ширину, протягиваясь по длине русла на десятки и сотни метров. Так как они накапливаются в течение длительного ряда лет, мощность их может быть во много раз больше мощности активного слоя и достигать 2—3 м. Точно так же и мощность металлоносного слоя в них бывает довольно значительна.

Таким образом мы видим, что скорость углубления крутого участка реки зависит от скорости углубления его перекатов. Здесь непрерывно идет интенсивная работа углубления, и никакое накопление аллювия невозможно. Плесы, расположенные между порогами и перекатами, обладают значительно менее постоянным режимом. В них то протекает интенсивная работа углубления, то происходит временное накопление металлоносного аллювия. Течение того и другого процесса всецело зависит от состояния выше- и ниже расположенных перекатов.

Когда металлоносный аллювий достигает нижнего конца крутого участка, где углубление русла уже закончено, начинается постоянное его накопление, приводящее к образованию новой аллювиальной россыпи. Казалось бы, что поскольку размыв старой россыпи сосредоточен в верхнем конце крутого участка, а накопление новой — в нижнем его конце, то смещение россыпи в период углубления должно примерно равняться длине крутого участка. Между тем, обычно оно во много раз меньше. При глубине врезания, скажем, в 10 м длина крутого участка измеряется сотнями или тысячами метров. Между тем, смещение россыпи в глинистых сланцах выражается обычно лишь десятками метров благодаря осадению его вниз по трещинам сланцев. Поэтому при одной и той же глубине врезания смещение россыпи в породах различной трещиноватости может быть очень различным и, например, в глинистых сланцах оно значительно меньше, чем в гранитах.

Помимо перемещения металла в нижнем слое донных наносов наиболее мелкие его частицы способны также перемещаться во взвешенном и полувзвешенном состоянии. Старатели различают два рода металла — пластовый и косовой. Под пластовым они понимают все более или менее крупные, веские его частицы самых разнообразных форм и размеров. При своем передвижении, как мы видели, они подчиняются всем закономерностям, вытекающим из их большого удельного веса.

Косовой металл представляет собою настолько мелкие его частицы, что влияние большого удельного веса сказывается на них уже в весьма ослабленной степени. Этот металл уже может отчасти взмучиваться в воде, почему переносится водными потоками во взвешенном и полувзвешенном состоянии — в придонных частях водного потока и в самых верхних, полувзвешенных частях донных наносов. Перенос косового металла таким способом делается возможным благодаря турбулентности течения,

большой дифференциации придонных скоростей и сильной мутности воды во время половодья. Благодаря такому способу переноса косовой металла является значительно более легко подвижным, нежели пластовой, но, как и последний, переносится почти исключительно во время половодья.

Форма частиц косового металла еще более облегчает его перенос во взвешенном состоянии. Обычно это весьма тонкие пластинки и чешуйки, имеющие ничтожный вес при относительно большой поверхности, благодаря которой они в воде как бы планируют, облегчая тем самым свое пребывание во взвешенном состоянии. Благодаря такой форме они в состоянии держаться на поверхности даже стоячей воды, не будучи в состоянии преодолеть своим весом ее поверхностного натяжения. Это обстоятельство, вероятно, также играет известную роль в процессе их переноса.

Косовой металл образуется отчасти благодаря освобождению непосредственно из коренной породы столь мелких его частиц, изменяющих при переносе лишь свою форму, в значительной же мере благодаря истиранию более крупных частиц металла в процессе перемыва россыпи. Это истирание заключается в отторжении с поверхности металла мельчайших его частиц, благодаря чему в результате этого процесса получают две резко различающиеся по крупности фракции металла: постепенно уменьшающиеся по мере истирания частицы пластового и мельчайшие частицы косового металла. Промежуточные фракции не характерны.

Частицы металла весом в 1—2 мг обычно перемещаются волочением по дну. Вес частиц косового металла обычно порядка сотых долей миллиграмма. В области десятых долей миллиграмма лежит граница того и другого. Эти промежуточного размера частицы перемещаются или с пластовым или с косовым металлом в зависимости от их формы: изометричные по всем направлениям частицы передвигаются волочением по дну, тонкочешуйчатые, хотя бы и несколько более крупные, — преимущественно во взвешенном состоянии.

В отличие от песчаных и илистых частиц, находящихся во время половодья почти непрерывно во взвешенном состоянии, косовой металл лишь время от времени захватывается достаточно сильными водоворотами и перемещается ими на то или иное расстояние. Когда водоворот начинает затихать, металл опускается на дно в самых случайных местах и дальше перемещается совместно с верхними частями донных наносов, пока не будет подхвачен новым достаточно сильным водоворотом. Обычно известная часть косового металла остается заключенной внутри донных наносов и лишь при очень больших скоростях течения вымывается из них полностью.

Иной способ перемещения обуславливает то, что косовой металл не связан в своей судьбе с передвижением и накоплением донных наносов. Условия, необходимые для возможности перемещения косового металла, существуют не только на крутом участке течения, но и ниже его. Поэтому косовой металл, достигнув нижнего конца крутого участка, где прекращается движение пластового металла и начинается его накопление, не останавливается в своем движении, но сносится значительно ниже по течению, где образует пространственно отдаленную от основной так называемую косовую россыпь.

Расстояние, отделяющее косовую россыпь от основной, может быть очень различным. В некоторых случаях это всего лишь несколько километров, часто несколько десятков и иногда даже несколько сотен километров. Обычно некоторая часть косового металла все же прекращает свое передвижение тотчас ниже крутого участка и вместе с пластовым металлом входит в состав основной россыпи.

5. Образование полой россыпи

В некоторых случаях новая долина, углубленная по ширине русла, в течение довольно длительного срока сохраняет свою небольшую ширину, не увеличивая ее сколько-нибудь заметно. Обычно это бывает в твердых породах, с трудом поддающихся размыту, особенно если величина окончившегося углубления была значительна.

В подобных участках течения не всегда бывает возможно установить, закончен здесь процесс углубления или нет. Как и в углубленном участке, здесь присутствуют отдельные перекаты, где процесс углубления еще явно не закончен. Между ними располагаются сравнительно тихие плесы с некоторым накоплением аллювия. Довольно трудно предугадать, что станет с этим аллювием, когда процесс углубления перекатов будет закончен. Если углубление данного участка в целом еще не закончено, то аллювий будет полностью размыт, и коренное дно под ним претерпит некоторое углубление. Если углубление участка в основном закончено и начинается накопление наносов, то окажется размытой лишь верхняя часть аллювия, а нижняя останется нетронутой, представляя собой уже постоянное его накопление.

В переходном случае аллювий может оказаться размытым полностью, но коренное дно под ним углубления не испытывает. Во всяком случае, ниже крутого участка постоянное накопление наносов идет далеко не на всем протяжении русла; в то время как перекаты еще накапливают свое углубление, на плесах между ними уже происходит накопление аллювия — на одних еще временное, на других уже постоянное.

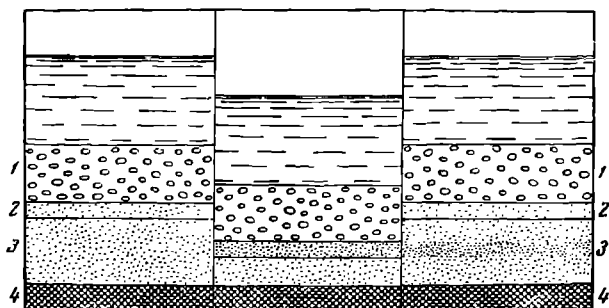
Молодая долина, не испытывающая процесса расширения, особенно интересна тем, что она представляет наиболее простой случай образования новой россыпи: последняя нарастает здесь только по мощности, но не нарастает по ширине. Накопление россыпи начинается прежде всего на более спокойных и глубоких участках течения, располагающихся между перекатами. Самый факт накопления показывает, что количество приносимого сюда материала более, чем уносимого. Подобно размыту и перемещению россыпи по крутому участку и процесс ее накопления неразрывно связан с движением донных наносов.

Накопление донных наносов может иметь место лишь при уменьшении скорости течения, а вместе с тем и мощности активного слоя. Уменьшение скорости течения может происходить, с одной стороны, в пространстве, с другой стороны, во времени. На тех участках течения, где скорость его постепенно уменьшается от верхнего конца к нижнему, также постепенно уменьшается и мощность активного слоя. Это может происходить лишь благодаря постепенному закреплению его нижней части; так как именно она является металлоносной, то накопление донных наносов приводит прежде всего к нарастанию по мощности металлоносного слоя. Этот процесс протекает только во время половодья, так как только в это время приходит в движение нижняя часть активного слоя.

В следующее половодье активный слой вновь придет в движение. Если это половодье такой же или большей силы, чем предыдущее, то в движение придет и верхняя часть металлоносного слоя; если половодье меньшей силы, этот слой в движение не вовлекается. Однако и в этом случае самая нижняя часть активного слоя может содержать металлы, так как все время идет его принос из вышележащего участка течения реки. При спаде высокой воды этот металл закрепится поверх прежнего металлоносного слоя и еще увеличит его мощность.

Если бы все половодья были совершенно одинаковой силы, то каждый год закреплялась бы одинаковая, весьма ничтожная часть активного

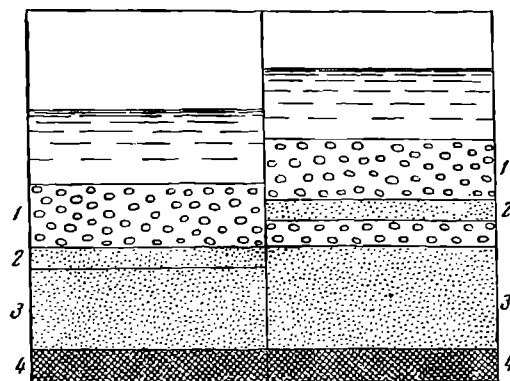
слоя, соответствующая общей скорости накопления наносов на данном участке течения. Но обычно чередуются большие и малые половодья и даже целые периоды тех и других. Исключительно высокая вода может вовлечь в движение давно закрепленный слой донных наносов, переместить



Фиг. 58. Схема перераспределения металла при частичном перемыве металлоносного слоя.

1 — пустая п 2 — металлоносная часть активного слоя; 3 — закрепленный металлоносный слой; 4 — пластин.

его и перераспределить в нем металл. При этом общая мощность накопившихся донных наносов заметно не изменится, но мощность металлоносного слоя уменьшится, так как из всей вовлеченной в движение его



Фиг. 59. Образование прослойки пустого аллювия в металлоносном пласте (ср. фиг. 58).

подобного рода особенности в распределении металла могут сохраниться в россыпи лишь в том случае, если после их образования не повторится столь большого половодья, которое могло бы их уничтожить, или если подобное половодье повторится после долгого промежутка времени, когда поверх них успеет накопиться значительная толща аллювия.

Аллювиальные отложения, накопившиеся в период малых половодий, обычно (но далеко не всегда) подвергаются перемыву во время последующих более крупных половодий, захватывающих значительно более глубокие слои донных наносов. Наоборот, отложения наиболее

части металл при движении активного слоя сосредоточится при самом его основании, образовав здесь тонкую, но очень богатую металлом прослойку (фиг. 58).

Если, наоборот, период больших половодий сменяется засушливым, то мощность активного слоя резко уменьшается, и продолжающийся накапливаться металлоносный пласт может оказаться отделенным от ранее образовавшейся его части прослойкой пустого аллювия (фиг. 59). Все

крупных половодий обычно последующему перемыву уже не подвергаются. Поэтому речные наносы, слагающие аллювиальные россыпи, представляют собою отложения не средних и даже не высоких вод, а лишь наиболее крупных половодий, пережитых рекою в период образования россыпи.

Частичный размыв уже накопившихся аллювиальных отложений может иметь место, как уже отмечалось, и при изменении уровня нижежащего переката. При этом происходит не перемыв этих отложений, как во время больших половодий, а именно их размыв, так как он ведет к уменьшению их мощности, а иногда даже к полному их уничтожению на данном участке течения. Таким образом мы видим, что процесс накопления аллювия это не есть процесс, непрерывно идущий в одном направлении, но чрезвычайно длительное и многократное чередование накопления и размыва, в итоге которого процессы накопления все-таки преобладают.

Рост новой россыпи начинается тогда, когда нижнего конца крутого участка достигает металл, освободившийся при размыве нижнего конца старой россыпи. С течением времени крутой участок отступает вверх по реке; вместе с тем, на его нижнем конце в том же направлении распространяется рост новой россыпи. Таким образом и этот процесс, аналогично размыву старой россыпи, начинается на нижнем конце россыпи и постепенно распространяется к верхнему ее концу. Когда длина новой россыпи становится достаточно большой, весь металл, поступающий с крутого участка течения, постепенно задерживается при своем движении по образующейся россыпи и уже не достигает ее нижнего конца. С этого момента на нижнем конце россыпи начинается накопление торфов.

Так как длина новой россыпи увеличивается весьма постепенно, столь же постепенно уменьшается количество металла, достигающего ее нижнего конца. Поэтому здесь, начиная с определенного момента, содержание металла в накапливаемомся металлоносном слое постепенно падает до полного его исчезновения в торфах. Если бы процесс накопления шел непрерывно, мы имели бы совершенно постепенный переход от песков к торфам. Но так как процесс накопления прерывается периодами размыва накопившихся отложений, с осаждением всего металла вниз, часто граница между песками и торфами характеризуется резким изменением в содержании металла.

Те условия накопления металла, которые создаются в нижнем конце россыпи, постепенно распространяются отсюда вверх по течению, последовательно возникая во все более верхних участках россыпи. Таким образом все сказанное о ходе накопления россыпи в нижнем ее конце может быть отнесено и к любому ее сечению, с той лишь разницей, что чем выше это сечение расположено по реке, тем позднее в нем возникают соответствующие условия. Поэтому металлоносный пласт представляет собою образование не вполне одновременное не только по вертикали, но и по длине россыпи: в нижнем ее конце он образуется несколько раньше, чем в верхнем. Когда в верхнем конце россыпи еще идет накопление металлоносного пласта, в нижнем конце уже происходит накопление торфов. Разница в возрасте верхнего и нижнего конца россыпи тем значительнее, чем больше ее длина. Изложенные соображения могут быть применены и к любому пласту аллювиальных отложений: любой пласт является образованием разновременным, и чем ниже по течению, тем древнее его возраст.

После того как использован весь металл, освободившийся при размыве старой россыпи, и в верхнем конце новой россыпи начинается накопление торфов, образование металлоносного пласта закончено. Обра-

зовавшаяся таким путем россыпь располагается непосредственно под руслом реки и примерно соответствует его ширине, т. е. является типичной русловой россыпью. Глубина залегания подобных россыпей обычно невелика, так как при их образовании не проявлялось влияние довольно мощного фактора накопления наносов — удлинения течения при образовании излучин.

Если подобная долина в дальнейшем подвергнется расширению, то русло может переместиться в сторону от россыпи, последняя покроется вследствие этого более мощным слоем торфов и превратится в длинную россыпь.

Часто, особенно в более мягких породах, образование россыпи протекает одновременно с расширением долины. В этом случае процесс идет несколько более сложно. Как мы знаем, расширение долины обусловлено образованием рекою излучин с попеременным подмывом ее коренных берегов. Процесс бокового смещения русла подобно накоплению наносов не протекает непрерывно в одном направлении, но перемещения в одну сторону чередуются с перемещениями в другую сторону при непрерывном возрастании амплитуды перемещения, что ведет к постепенному расширению долины.

В процессе образования излучин помимо перекатов, сложенных коренными породами и сохранившихся от периода углубления долины, возникают многочисленные галечные перекаты, более или менее правильно чередующиеся с плесами. Эти перекаты, представляющие самое нормальное явление для любой реки, не врезающейся в коренные породы, имеют совершенно иной режим, чем первые; режим этот был охарактеризован в гл. VII.

Процесс накопления металлоносного пласта при расширении долины тесно связан с чередованием плесов и перекатов. Здесь этот процесс протекает в трех направлениях: по мощности, по ширине и по длине россыпи. Во время половодья вода, переходя с переката на плес, ускоряет свое течение; здесь мощность активного слоя возрастает, и условия для накопления металлоносного пласта неблагоприятны. В средней части плеса скорость течения максимальна, мощность активного слоя примерно постоянна. С переходом к перекату течение замедляется, мощность активного слоя уменьшается; здесь происходит нарастание металлоносного пласта.

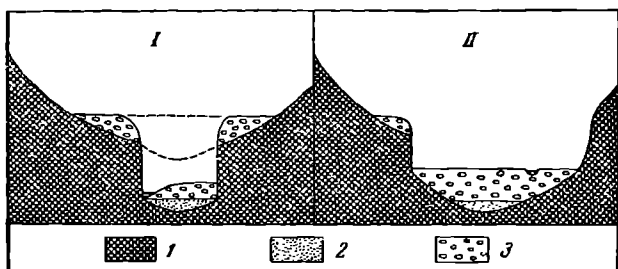
С окончанием половодья режим донных наносов меняется: массовое движение их прекращается, и в основном происходит смыл гальки с переката на плес, в верхней части которого она и накапливается. Сначала с переката смыываются пустые наносы, потом размыв может дойти и до металлоносного пласта. Значительная часть металла при этом не смывается, а лишь постепенно оседает вниз. В этот период образования россыпи на перекатах и непосредственно выше их в межень можно иногда встретить даже крупный металл в самых верхних частях русловых наносов.

С началом нового половодья, когда приходит в движение слой донных наносов по всему руслу, с переката на плес поступает значительное количество металла, так как на перекате он содержит даже в верхних частях русловых наносов. Но вскоре на перекате начинается накопление донных наносов благодаря обильному поступлению материала из выше лежащего плеса, и поступление металла с переката на плес ослабевает. Так распределяются движение и накопление металла между плесами и перекатами.

При боковых перемещениях русла происходит нарастание металлоносного слоя в ширину. Накопление металла происходит вдоль выпуклого берега реки на протяжении всей длины криволинейного участка те-

чения. Чем быстрее происходит боковое смещение русла, тем меньшей мощности и меньшей концентрации металлоносный пластик оставляет оно позади себя себя.

После прорыва цзлучины русло меняет свое положение, от которого вновь начинает постепенное перемещение в ту или иную сторону. Через одно и то же место оно может проходить неограниченное число раз, причем расположение плесов и перекатов каждый раз может быть иным. Поэтому в одной и той же точке россыпи условия накопления металлоносного пласта могут очень сильно меняться.



Фиг. 60. Схематический профиль долины в начале (I) и в конце (II) периода накопления торфов.

1 — пластик; 2 — песок; 3 — торфа.

Поскольку одновременно с расширением долины происходит накопление наносов, русло реки, перемещаясь через одно и то же место, каждый раз должно располагаться на все более и более высоком уровне. Однако различная глубина русла, различная сила половодья и другие причины могут приводить даже к обратному соотношению. Попадая вновь в то место, где им уже отложен небольшой металлоносный пластик, русло реки может полностью или частично его перекрыть и перераспределить в нем металл. В нескольких иных условиях может продолжаться наращивание старого металлоносного слоя по мощности, как будто русло и не покидало этого места. И, наконец, при еще более высоком уровне русла новый металлоносный слой может оказаться отделенным от старого прослойкой пустого аллювия.

Как бы ни шел этот процесс в деталях, результат его будет один и тот же: нарастание металлоносного слоя по мощности и по ширине. Процесс накопления наносов приводит к увеличению мощности металлоносного слоя; боковые перемещения русла распределяют металл по ширине долины, обуславливая ту или иную ширину новой россыпи. Эта ширина обычно бывает в несколько раз больше ширины самого русла, благодаря чему иногда высказывается предположение, что водные потоки, образовавшие россыпи, обладали значительно большими размерами, чем современные, к чему, конечно, нет никаких оснований.

Если в этот период в молодой долине образовался сравнительно устойчивый галечный остров, не подвергающийся перемыву, то накопление металлоносного пласта будет протекать лишь в протоках, огибающих остров с той и другой стороны, но, естественно, не будет происходить под островом. В этом случае металлоносный пласт разветвится по ширине долины на две части, разделенные пустым участком.

Когда прекращается поступление металла от размыва старой россыпи, накопление металлоносного пласта заканчивается, и он покрывается торфами. К этому моменту долина далеко еще не достигла своей пре-

дельной ширины, и в период накопления торфов продолжается дальнейшее ее расширение. Обычно ширина окончательно сформировавшейся долины в несколько раз превышает ширину заключенной в ней россыпи. Бортовые части долины, не содержащие металлоносного пласта, формируются уже в период накопления торфов (фиг. 60).

Так как наиболее пониженная часть плотика соответствует наиболее древнему положению вновь углубленного русла, то вполне естественно, что металлоносный пласт обычно расположен именно на этой части плотика. Более возвышенные части плотика, не несущие металлоносного пласта, формируются уже в период накопления торфов.

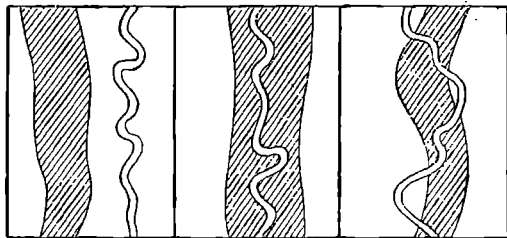
6. Размыв старой россыпи боковой эрозией

До сего времени мы исходили из предположения, что старая россыпь в значительной своей части размывается при углублении русла, и освобождающийся при этом металл накапливается тотчас ниже крутого участка (фиг. 61). Однако в действительности очень часто бывает, что ста-



Фиг. 61. Схема преобразования россыпи при углублении долины.

рая россыпь в значительной части уничтожается в процессе расширения долины. Особенно часто это бывает в мягких породах и при небольшой глубине врезания. В этом случае и процесс образования новой россыпи может в деталях значительно разниться от рассмотренного выше.



Фиг. 62. Различные случаи расположения долиновой россыпи и русла реки.

местами в стороне от нее; 3) русло расположено в стороне от россыпи. В первом случае россыпь уничтожается в значительной мере глубинной эрозией, во втором — отчасти глубинной, отчасти боковой, в третьем — преимущественно боковой или же сохраняется в форме террасовой россыпи. Не следует забывать, что при выработке V-образной долины и в третьем случае россыпь может быть полностью уничтожена в фазу глубинной эрозии.

Размыв старой россыпи при расширении долины сводится к подработке рекою своих коренных берегов, на которых сверху расположена россыпь. При этом собственно рекою разрушается лишь часть берега, находящаяся на уровне русла; вся верхняя часть берега, включая сюда и старую россыпь, разрушается вследствие выветривания и осыпания вниз.

Относительное значение глубинной и боковой эрозии для размыва старой россыпи обусловлено в значительной мере расположением ее относительно русла реки к началу его углубления. Здесь мыслимы три главных случая (фиг. 62): 1) русло расположено над россыпью; 2) русло расположено местами над россыпью,

Поэтому разрушение старой россыпи не прекращается и тогда, когда русло на некоторое время удаляется от подножия коренного берега, оставляя на месте себя или протоку или галечную косу. В этом случае осыпавшийся сверху металл накапливается у подножия коренного берега до тех пор, пока сюда вновь не переместится русло и весь осыпавшийся материал не будет им переработан.

Если осыпание металлоносного материала происходит в тихую протоку или на косу, заливаемую высокой водой, то у подножия коренного берега может образоваться богатая концентрация металла: высокой водой отсюда будет вымываться песчано-галечный материал, а металл вследствие недостаточной скорости течения будет оставаться на месте. Опытные поисковики пользуются подобными местными концентрациями для взятия исключительно богатых «косовых» проб, впрочем ни в малейшей степени не характерных ни для старой, ни для новой россыпи.

Металл, поступающий при подмыве берега в русло реки, не испытывает сколько-нибудь далекого переноса вниз по течению. Углубление русла уже закончено, уклон русла и скорость течения недостаточно велики для далекого переноса металла; к тому же река находится в стадии накопления наносов, и металл, попадая при своем передвижении в самую нижнюю часть активного слоя, очень быстро закрепляется.

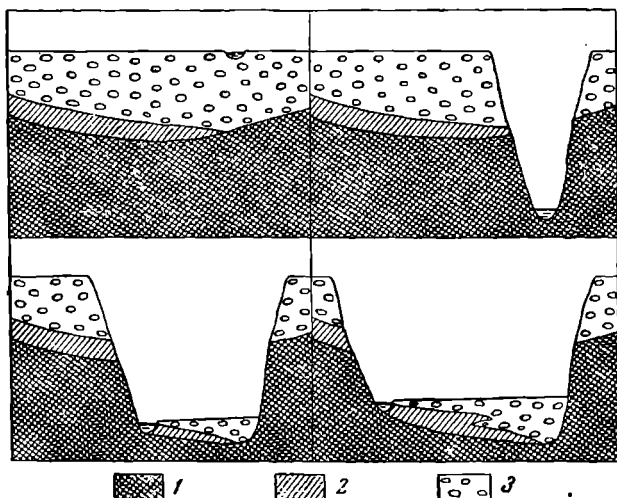
Поступление металла в русло происходит только при размыве коренного берега; как только русло от него удаляется, прекращается поступление металла. Поэтому новая россыпь располагается по той же стороне молодой долины, по которой расположена и старая, размываемая россыпь, притом непосредственно у подножия коренного берега. Нарастание новой россыпи в ширину происходит в основном за счет размыва и отступления коренного берега. При этом основное перемещение металла заключается в опускании его с уровня старой долины на уровень молодой долины лишь при незначительном перемещении его как по ширине долины, так и вниз по течению.

Некоторое нарастание россыпи по ширине в противоположную сторону может иметь место лишь в том случае, если русло сразу от размываемого золотоносного берега направляется к противоположному борту молодой долины и металл, смещаясь вниз по течению, тем самым перемещается и по ширине долины. До тех пор, пока размыв старой россыпи по ширине не закончен, новая россыпь располагается непосредственно у подножия коренного берега. Как только размыв заканчивается, коренной берег может удалиться от россыпи на значительное расстояние.

Ввиду того что размыв старой россыпи может начаться некоторое время спустя после начала расширения долины и накопления наносов, образующаяся при этом новая россыпь не обязательно будет расположена в наиболее пониженной части плотика. Чаще она окажется расположенной на подъеме плотика к размываемому золотоносному берегу. Что касается тех участков россыпи, которые будут нарастать при расширении ее к противоположному берегу, то они будут располагаться не непосредственно на поверхности коренных пород, а внутри толщи пустого аллювия, вдаваясь в него отдельными языками то там, то здесь, часто на различных уровнях (фиг. 63).

Что касается распределения металла по длине новой россыпи, то в грубых чертах оно будет такое же, как и в старой. Как более богатые, так и более бедные участки той и другой будут располагаться примерно в одних местах. Очень рельефно эта особенность россыпей выступает в Колымском районе. Здесь врезание глубиной в 8—10 м протекало в мягких глинистых сланцах в форме образования узкого каньона, который в

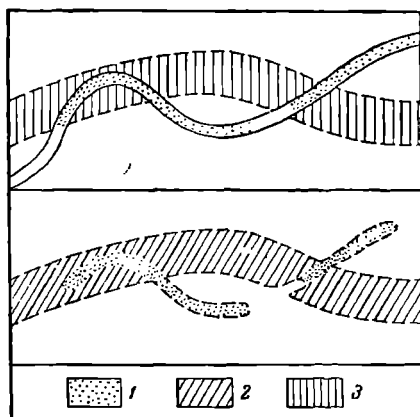
дальнейшем подвергался расширению. Старые россыпи были в значительной мере размыты при расширении каньона. В сохранившихся от них участках (теперь это террасовые россыпи) распределение металла



Фиг. 63. Схема размыва россыпи при расширении долины.

1 — плотин; 2 — пески; 3 — торфа.

примерно такое же, как и в молодых россыпях, расположенных на дне каньонов. Последние россыпи испытали лишь очень небольшое смещение вниз по течению.



Фиг. 64. Схема соотношения участков россыпи, образованных при глубинном (1) и боковом (2) размыве; 3 — старая россыпь.

Довольно сложное строение новой россыпи может получиться в том случае, если в начале своего врезания русло многократно пересекало старую россыпь (фиг. 64). В этом случае глубинной эрозией будут размыты лишь отдельные участки старой россыпи, вместо которых возникнут отдельные же участки новой россыпи. Размыв старой россыпи будет закончен боковой эрозией, в результате чего молодая россыпь пополнится новыми металлоносными участками, которые могут частично соединиться с ранее образовавшимися, частично остаться от них пространственно отделенными и располагаться на ином высотном уровне.

В тех случаях, когда старая россыпь в процессе расширения долины уничтожается не полностью, остатки ее сохраняются в виде террасовой россыпи. Последняя может существовать неопределенно долгое время, так как процесс расширения долины

уже закончен. Но иногда бывает, что много времени спустя после того, как река вступит в фазу покоя, вследствие каких-либо случайных причин происходит небольшой размыв коренного берега то в одном, то в другом месте. При подмыве старой металлоносной террасы в русло реки может попасть некоторое, обычно очень незначительное количество металла, который, будучи распределен вдоль русла, образует небольшую металлоносную струю, совершенно не связанную с основной россыпью долины. Подобные струи часто предполагаются очень неглубоко от поверхности.

7. Размыв металлоносного коллювия

В фазу расширения долины последняя приобретает ширину, вполне достаточную для свободного развития и перемещения излучин. Поэтому по окончании расширения русло реки на большей части своего протяжения располагается где-то в средней части долины, лишь в отдельных небольших участках подходит к ее коренным бортам. Вероятность того, что к началу глубинной эрозии русло подойдет к коренному борту как раз в месте скопления металлоносного коллювия, весьма невелика. Поэтому в процессе глубинной эрозии металлоносный коллювий обычно перемыву не подвергается.

Обратные случаи не исключены, но они являются более редкими. Лишь в том случае, если врезание происходит на большую глубину в форме V-образной долины, металлоносный коллювий перерабатывается в фазу глубинной эрозии, благодаря разрушению подстилающих его коренных пород и общему сползанию всего обломочного материала к руслу реки.

В процессе углубления долины россыпь оказывается несколько смещенной вниз по течению, а ее верхний конец пространственно отделенным от скопления металлоносного коллювия. Перемыв последнего восполняет этот пробел, наращая россыпь на ее верхнем конце и пополняя ее новыми количествами металла.

Перемыв металлоносного коллювия происходит обычно при расширении долины и принципиально ничем не разнится от обскового размыва старой россыпи. Так как при этом смещение металла по ширине долины и вниз по течению незначительно, то обычно новая россыпь: 1) расположена своим верхним концом непосредственно в месте прежнего скопления металлоносного коллювия; 2) во всей своей верхней части расположена вблизи того борта долины, где выходит коренное месторождение.

В зависимости от характера коллювия при его перемыве происходит то или иное обогащение его металлом. Если коллювий богат крупным каменистым материалом (крутой склон, крепкие породы), то степень обогащения менее значительна. Если, наоборот, коллювий очень богат песчано-илстыми частицами, то степень обогащения может быть очень велика, и из весьма убогой коллювиальной россыпи может образоваться богатая аллювиальная.

От формы коллювиальной россыпи и распределения в ней металла зависят характер окончания аллювиальной россыпи вверх по долине. Если коллювиальная россыпь имеет небольшое протяжение вдоль подножия склона (жила расположена по падению склона), то верхний конец аллювиальной россыпи обычно оконтуривается весьма отчетливо. Если коллювиальная россыпь имеет значительное протяжение вдоль подножия склона (жила расположена по простиранию склона или целый ряд металлоносных гнезд), то питание аллювиальной россыпи металлом происходит на значительном протяжении ее длины, и верхний конец ее оконтуривается

вается очень неопределенно: по мере продвижения вверх по долине содержание металла в россыпи уменьшается и постепенно сходит на нет. В условиях сильной задержанности склонов оконтуривание верхнего конца аллювиальной россыпи имеет громадное значение при поисках коренных месторождений. Поэтому случай расположения жилы по падению склона является наиболее благоприятным для поисковых работ.

Иногда бывает, что в процессе расширения долины накопившийся металлоносный коллювий почему-либо не подвергается перемыву. Это бывает в том случае, если новая долина несколько уже старой или если она несколько сдвинута вбок по отношению к старой. Тот же результат бывает и тогда, когда металлоносный коллювий не достигает уровня старой долины, задерживаясь на еще более высоких речных террасах. Во всех этих случаях аллювиальная россыпь при своем перемыве не пополняется новым количеством металла, и ее верхний конец несколько сдвигается вниз по течению, не испытывая наращивания. Если подобные условия повторяются подряд несколько эрозионных циклов, то аллювиальная россыпь может совершенно оторваться от источника своего питания металлом.

От характера этого питания очень сильно зависят характер самой аллювиальной россыпи и распределение в ней металла. Питание аллювиальной россыпи металлом, как мы видели, происходит не непрерывно, по мере разрушения коренного месторождения, но определенными порциями. Накопление каждой порции начинается по окончании формирования новой долины и длится в течение всей остальной части эрозионного цикла. В следующий период преобразования долины накопившаяся порция металла поступает в аллювиальную россыпь, после чего начинается накопление новой порции.

Количество металла, накапливающегося каждый раз в коллювиальной россыпи, зависит от длительности периода накопления и от богатства металлом тех частей коренного месторождения, которые в это время разрушаются. Следует отметить, что богатство коренного месторождения сказывается весьма непосредственно в том случае, если оно расположено в нижней части склона. Если же оно расположено на значительной высоте над речной долиной, то его богатство сказывается с некоторым запозданием. Если в данный период накопления коллювия в месторождении подверглось разрушению весьма богатое гнездо, то металл из него достигает подножия склона лишь через некоторый срок и может поступить в аллювиальную россыпь не с ближайшей, а лишь со следующей его порцией.

Наибольшая порция металла может быть подготовлена в процессе пенеппенизации местности, который требует очень длительного периода выветривания и разрушения громадных масс коренных пород. В аллювиальную россыпь этот металл поступит лишь после того, как пенеппен будет поднят на некоторую высоту и расчленен новыми долинами.

Накопившаяся в коллювии порция металла наращивает аллювиальную россыпь на ее верхнем конце. При этом, чем больше глубина врезания, тем большему рассеянию подвергается эта порция; чем меньше глубина врезания, тем эта порция остается концентрированнее. Таким образом характер эпейрогенических колебаний земной коры оказывает заметное влияние на богатство аллювиальной россыпи металлом. Небольшие поднятия, чередующиеся с длительными периодами покоя, содействуют образованию концентрированных россыпей. Наоборот, крупные и частые поднятия ведут к образованию убогих, рассеянных россыпей.

Всю аллювиальную россыпь мы можем представить себе как состоящую из отдельных порций металла, поступивших в россыпь в различное время. Если бы в периоды преобразования россыпи в ней не происходило перемешивание одновременных порций металла, то все они распределились бы по длине россыпи в том порядке, как они в нее поступали: в нижнем конце россыпи порции из самых верхних горизонтов месторождения, в верхнем конце — из наиболее глубоких. При этом изменения богатства россыпи по ее длине зависели бы от богатства металлом различных горизонтов коренного месторождения, длительности периодов выветривания и величины поднятий между ними.

В действительности такого идеального распределения одновременных порций металла по длине россыпи никогда не наблюдается. В процессе перемыва россыпи различные порции накладываются одна на другую, перемешиваются не только в процессе переноса, но и потому, что различные участки россыпи размываются одновременно: одни в фазу углубления долины, другие в фазу ее расширения. Наиболее совершенное перемешивание одновременных порций должно иметь место в нижнем конце россыпи, который подвергался перемыву наибольшее число раз. Здесь особенности распределения металла в россыпи объясняются лишь условиями ее образования и концентрации в ней металла, но не содержанием его в различных порциях. В верхнем конце россыпи, подвергшемся перемыву немного раз, различное богатство металлом одновременных порций еще может быть заметным благодаря их несовершенному перемешиванию. Хотя с этой точки зрения до сего времени ни одна россыпь не была изучена, но весьма возможно, что многие особенности распределения металла в верхнем конце россыпи обусловлены именно этой причиной, а не условиями его концентрации. В частности, перерывы или сильно обедненные участки по длине россыпи в некоторых случаях, может быть, объясняются недостаточно плотным прилеганием друг к другу одновременных порций металла.

Если питание аллювиальной россыпи металлом происходит из небольшой по размерам, но концентрированной коллювиальной россыпи, то каждая порция металла является более резко индивидуализированной и в течение более долгого срока сохраняет свою индивидуальность и в аллювиальной россыпи. Если же коллювиальная россыпь сильно растянута по длине долины, то одновременные порции металла, благодаря своей большой длине, легко смешиваются друг с другом, и богатство их металлом не отражается на особенностях его распределения в аллювиальной россыпи. Точно так же весьма совершенное перемешивание различных порций металла происходит при углублении в форме V-образной долины.

Иногда частичный перемыв металлоносного коллювия может происходить и между периодами преобразования долины. Русло реки, испытывая в фазу покоя боковые перемещения, может подойти к коренному борту долины как раз в месте расположения коллювиальной россыпи. Последняя будет полностью или частично перемыта. В зависимости от полноты перемыва и от того, какое количество коллювия успело накопиться после формирования долины, в русле реки возникает металлоносная струя тех или иных размеров и богатства. Общий запас металла в подобных струях обычно незначителен. Как и струи, возникающие в фазу покоя при размыве металлоносных террас, они пространственно отделены от основного массива аллювиальной россыпи и присоединяются к нему лишь в следующий период преобразования россыпи. Свой характер русловых струй они сохраняют до тех пор, пока русло не испытывает дальнейшего бокового перемещения, после чего они превращаются в долинные струи, покрываясь слоем торфов обычно незначительной мощности.

8. Влияние притоков

Боковые притоки, впадающие в золотоносную реку, могут оказывать то или иное влияние на процесс образования россыпи. Влияние это еще слишком недостаточно изучено для того, чтобы можно было говорить о нем совершенно категорически. В некоторых случаях при устьях боковых притоков замечается увеличение размеров россыпи или содержания в ней металла. В других случаях, наоборот, наблюдаются перерывы или обеднение россыпи, которые часто приписывают размывающему влиянию притоков. Наконец, весьма часто россыпь проходит мимо устьев притоков, не испытывая никаких изменений в своем характере, и даже без всяких изменений может выходить из долины притока в долину главной реки.

Влияние притока проявляется в трех направлениях: 1) он увеличивает массу воды в реке; 2) увеличивает количество обломочного материала; 3) может увеличивать количество металла. От комбинации этих трех факторов зависит то или иное влияние притока на россыпь главной реки. Следует учитывать, что для россыпи имеет значение лишь то влияние притока, которое оказывается им в период образования россыпи, т. е. в конце углубления и начале расширения долины и притом во время половодья, но не в малую воду. Что касается возможности последующего размыва главной россыпи притоком, то вряд ли подобный размыв представляет очень частое явление, так как для этого необходимо, чтобы приток врезался глубже главной реки, что невозможно.

Довольно хорошие условия для наблюдения влияния притоков можно найти в Колымском районе. Здесь многие речки находятся в стадии углубления своих долин и текут в узких каньонах около 10 м глубиной. Несколько ниже по течению эти каньоны уже подвергаются расширению. Ни в одном случае мне не пришлось наблюдать, чтобы впадение притока хоть сколько-нибудь задерживало углубление или расширение главной долины. Наоборот, часто при устьях притоков образуются весьма глубокие улова, что показывает, что глубинная эрозия идет здесь более интенсивно. Что касается расширения молодой долины, то это общее правило, что при устьях притоков этот процесс начинается раньше и протекает быстрее, чем в других местах, благодаря чему здесь очень скоро образуются расширения молодой долины, в то время как между этими участками она в значительной мере продолжает сохранять свой характер каньона. Прекрасной иллюстрацией этого может служить рч. Утиная в Колымском районе.

Таким образом при устьях притоков условия для нарастания россыпи в ширину более благоприятны, чем в других местах. Поэтому здесь можно ожидать расширения аллювиальной россыпи, что очень часто и наблюдается. Быстрое расширение молодой долины совместно с ее иногда значительным переуглублением при устьях притоков, непосредственно ниже их по течению, создает здесь вообще более благоприятные условия для дальнейшего накопления наносов. В зрелой, вполне сформировавшейся долине это накопление выражается развитием при устьях притоков отмелей, кос и галечных перекатов. Таким образом, все три основных процесса — углубление молодой долины, ее расширение и заполнение наносами — протекают непосредственно ниже устьев притоков более интенсивно, содействуя увеличению здесь размеров россыпи. Если выносы притока к тому же сами по себе являются металлоносными, то ниже их устьев и содержание металла в главной россыпи может заметно увеличиться.

В некоторых случаях притоки могут подпирать течение главной реки и в свою очередь подпираться ею. В первом случае создаются значитель-

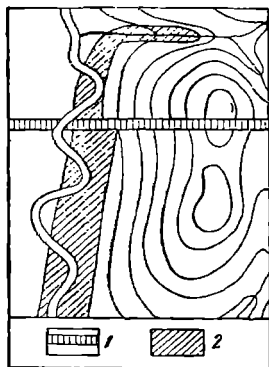
ные накопления аллювия выше устья притока, во втором — в его устьевой части и непосредственно под устьем. Если подобное подпирание в период накопления россыпи представляет регулярное явление, оно может повести к увеличению размеров россыпи и обеднению ее металлом, так как быстрое отложение в условиях подпертого течения не содействует процессам обогащения.

Влияние притоков на россыпь главной долины очень сильно зависит от их размеров. Все сказанное выше справедливо в том случае, если притоки по своим размерам представляют водные потоки того же порядка или несколько меньше, чем главная река. Чем меньше приток, тем менее заметно его влияние на россыпь главной долины. Но небольшие крутые горные распадки могут оказывать на главную россыпь заметное влияние, но в обратном направлении. Благодаря их крутому падению количество выносимого ими в большую воду твердого материала совершенно пропорционально количеству воды в них. Весь этот материал, попадая в русло реки, может нарушить в нем правильный ход эрозийных процессов. В частности, заполняя молодую долину при устье распадка, он может вести к образованию перерывов в россыпи: накопление металлоносного аллювия будет идти лишь выше и ниже выноса, который будет представлять беспорядочное нагромождение несортированного, неслоистого материала («перебутор»). Повидимому, к подобного рода перерывам и относятся те явления «размыва» россыпи при устьях притоков, которые указываются в некоторых случаях. Возникновение подобных перерывов возможно лишь в том случае, если главная река не в состоянии переработать всего материала, выносимого в нее из распадка.

В некоторых случаях, наоборот, подобные крутые распадки являются поставщиками в реку металла. Это бывает, когда на склонах распадков расположено коренное месторождение или когда орошающие их ключи пересекают на своем пути древние металлоносные речные террасы, производя их размыв. Если река в период образования россыпи не в состоянии будет переработать этих выносов, то россыпь окажется прерванной участком перебутора с тем содержанием металла, которое было первоначально в выносах распадка (обычно оно невелико). Если же вынос распадка окажется хотя бы частично перемытым, то в россыпи может возникнуть обогащенный металлом участок.

Боковые распадки могут поставлять в реку металл и не только в период образования россыпи, но и в фазу покоя. Правда, в этом случае благодаря тому, что долина реки обладает значительной шириной, выносы распадков чаще не достигают русла, располагаясь в виде конуса в бортовой части долины. Здесь их постигает та же судьба, что и металлоносные коллювиальные массы: они или ожидают следующего периода преобразования долины, чтобы быть перемытыми, или частично перебиваются до этого при боковых перемещениях русла.

Если русло реки расположено близко к борту долины, то выносы распадков могут непосредственно достигать русла и, перебиваясь рекою, приводить к образованию небольших металлоносных струй, во всем аналогичных струям, возникающим при размыве коллювия или металлоносных террас. Часто верхний конец аллювиальной россыпи располагается не у



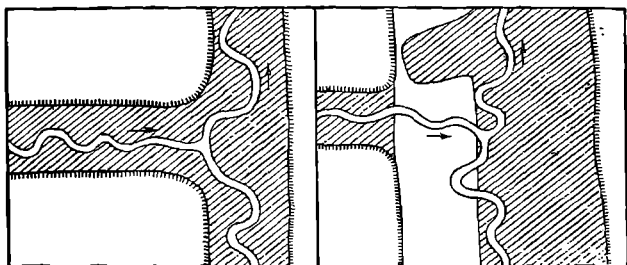
Фиг. 65. Влияние бокового распадка на верхний конец аллювиальной россыпи.

1 — рудная жила; 2 — россыпь.

выхода рудной жилы, а выше по долине, благодаря тому, что здесь расположено устье пересекающего жилу распадка (фиг. 65). С этим приходится считаться при оконтуривании участка для рудно-поисковых работ в условиях сильной задерживаемости.

Если впадение притока в главную реку может оказать заметное влияние на россыпь последней, то еще больше это влияние может сказаться на россыпи самого притока. Здесь мыслимы три случая:

1. Скорость передвижения металлоносного обломочного материала, выносимого боковым притоком в главную реку, не изменяется при этом сколько-нибудь резко. Россыпь боковой долины без перерыва продол-



Фиг. 66. Размыв россыпи притока при расширении главной долины.

жается в долину главной реки. Соответственно иному сечению русла может увеличиться сечение россыпи с соответствующим уменьшением содержания металла. Если главная долина имеет свою россыпь, обычно обе россыпи сливаются в одну.

2. Скорость передвижения металлоносного обломочного материала при выносе в главную реку уменьшается. Река не в состоянии справиться с перемывом всего поступающего в нее материала. При устье притока и непосредственно ниже его происходит накопление металлоносного материала. Сечение россыпи увеличивается часто с одновременным увеличением содержания металла. Россыпь боковой долины заканчивается вблизи устья притока подобным «выносом», не протягиваясь сколько-нибудь далеко по главной долине.

3. Скорость передвижения металлоносного обломочного материала при выносе в главную реку увеличивается. Металл подвергается рассеянию ниже устья притока, образуя обедненную или даже непромышленную россыпь. Иногда эта россыпь может даже отделяться перерывом от россыпи боковой долины.

Сходные условия возникают в том случае, если после образования россыпи боковой долины главная долина испытала расширение в эту же сторону, размыв как устьевую часть боковой долины, так и заключенную в ней россыпь. Металл последней мог оказаться смещенным вниз по главной долине. Россыпь боковой долины в этом случае будет заканчиваться при выходе в главную весьма резко («как обрезало»), отделяясь перерывом от смещенной вниз по главной долине своей части (фиг. 66).

Влияние впадения притоков на россыпь как самого притока, так и главной долины слишком недостаточно изучено для того, чтобы в каждом отдельном случае можно было заранее предугадать, как впадение притока отразится на россыпи. Дальнейшее изучение этого вопроса может оказать большую помощь как разведочным, так и эксплуатационным

работам на россыпных месторождениях. При этом только не следует относить за счет влияния притоков те изменения в характере россыпей, которые обусловлены иными причинами. Это вместо разъяснения вопроса может внести в него большую путаницу.

9. Последующие изменения россыпи

Аллювиальная россыпь, образовавшаяся в начале эрозионного цикла, не сохраняется в течение всей остальной его части совершенно неизменной. Хотя она остается прикрытой слоем торфов, предохраняющим ее от непосредственного воздействия как атмосферных агентов, так и эрозионной деятельности реки, тем не менее в ней могут происходить разнообразные внутренние изменения, так или иначе отражающиеся на ее характере. Главнейшие из этих изменений следующие:

1. Медленное перемещение россыпи по ее плотнику под влиянием силы тяжести или относительные перемещения отдельных ее частей.

2. Перемещение минеральных частиц внутри россыпи циркулирующими в ней грунтовыми водами.

3. Выветривание плотика и аллювиального материала самой россыпи. Кроме того, сюда же могут быть отнесены и следующие процессы:

4. Растворение грунтовыми водами известняков, входящих в состав тальки и слагающих плотик россыпи (будет рассмотрено в гл. XIV).

5. Растворение и перетолжение грунтовыми водами металла (будет рассмотрено в гл. XXIV).

6. Цементация россыпи веществами, выделяющимися из грунтовых вод, чаще всего бурым железняком (будет рассмотрено в гл. XXIV).

Сползание россыпи под влиянием силы тяжести может иметь значение лишь для долин, обладающих значительным уклоном. В общем этот процесс мало чем отличается от перемещения делювиальных масс по очень пологим склонам (течение почвы). В условиях вечной мерзлоты это перемещение возможно при уклонах в $3-5^\circ$, т. е. при таких, которые не составляют редкости в долинах небольших металлоносных ключей. Многие распадки, также иногда металлоносные, имеют уклоны до $10-15^\circ$.

Благодаря тому, что плотик обладает заметным поперечным уклоном, помимо сползания всей россыпи вниз по долине может наблюдаться также перемещение ее боков от краев долины к руслу. В этом направлении более верхние горизонты аллювия могут перемещаться по нижним, особенно если они разделены глинистым прослоем. Во всех подобных случаях аллювий, удаляющийся из вершин долин и от их бортов, замещается там сползающими со склонов делювиальными массами. В 1927 г. в Алданском районе при разведке золоторудной ждлымюю наблюдался золотоносный делювий, выполнивший тальвег долины кл. Лебединого. Поверх него располагалось современное русло, подстилаемое лишь тонким слоем аллювия. Лишь ниже по долине этот делювий сменялся аллювиальными отложениями ключа.

Чем круче долина ключа, тем большей должна быть в ней роль этих процессов. Россыпи очень крутых распадков являются скорее делювиальными, чем аллювиальными, и лишь процесс обогащения их металлом обязан преимущественно работе проточной воды.

Процесс сползания россыпей вниз по долинам пока слишком недостаточно изучен, но, вероятно, он может объяснить многие особенности россыпей крутых долин. Что касается проявления этого процесса в более нормальных долинах, обладающих сравнительно небольшим уклоном, то вряд ли ему здесь может принадлежать сколько-нибудь заметная роль.

Перемещение мелких минеральных частиц внутри россыпи происходит преимущественно в вертикальном направлении — сверху вниз и значительно менее в горизонтальном — по направлению циркуляции грунтовой воды. Сколько-нибудь значительному перемещению в последнем направлении препятствует очень небольшая скорость движения самой воды. Если вода циркулирует под значительным напором, то как скорость ее движения, так и перемещения частиц в горизонтальном направлении увеличиваются.

Чем более пористы аллювиальные отложения, тем легче в них происходит передвижение мелких частиц. Наиболее благоприятным в этом отношении являются «сухп» галечники, содержащие лишь небольшую примесь песчано-илстого материала. С увеличением количества последнего между гальками способность частиц к перемещению значительно уменьшается, илстые частицы уменьшают ее в большей степени, чем песчаные. Присутствие в цементе галечника значительного количества глинистого вещества делает перемещение в нем частиц невозможным, так как подобный галечник является водоупорным горизонтом.

Внутренним перемещениям в аллювии подвергаются, с одной стороны, наиболее мелкие, илесто-глинистые частицы, как весьма легко поддерживаемые во взвешенном состоянии, с другой стороны — частицы металла, как обладающие весьма большим удельным весом. Первые перемещаются как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, вторые почти исключительно в вертикальном. Пределом перемещения является ближайший водоупорный горизонт; практически перемещение совершается пока это допускают имеющиеся в аллювии поры. В результате внутренние перемещения частиц ведут, с одной стороны, к заиливанию нижних горизонтов аллювия, с другой стороны, к обогащению их металлом; оба процесса протекают за счет более верхних его горизонтов. Наибольшее обогащение металлом, естественно, может получаться на поверхности водоупорных слоев, а если таковые в аллювии отсутствуют, то на плотике.

Одно время этому процессу придавали в образовании россыпей немаловажное значение. Некоторые, не находя объяснения образованию песков и торфов, считали, что первоначально вся масса аллювия была металлоносна и лишь впоследствии металл из торфов был вымыт и сосредоточился в песках. На самом деле роль этого процесса в окончательном формировании россыпи значительно более скромная и далеко не универсальная.

Наоборот, выветривание гальки аллювия и плотика россыпи представляет собою процесс универсальный. Чем древнее возраст россыпи, тем заметнее в ней результаты этого процесса. Выветривание плотика протекает весьма интенсивно в период углубления долины, но не прекращается и по окончании углубления. В промежуток времени, пока еще не началось интенсивное накопление наносов, плотик не бывает покрыт постоянным слоем аллювия и подвергается довольно интенсивному выветриванию, так что накопление аллювиальных отложений происходит на уже несколько выветрелом плотике. Процесс выветривания продолжается и под слоем аллювия, и чем больше времени пройдет с начала накопления наносов, тем на большую глубину плотик подвергнется выветриванию.

Характер выветривания плотика зависит от его литологического состава и в общем тот же, что и на склонах возвышенностей. В результате процессов выветривания верхняя часть плотика превращается в его элювий, непосредственно подстилающий аллювиальные отложения. Граница между коренным плотиком и его элювием часто недостаточно резкая. Верхняя часть коренного плотика обычно разбита многочисленными

трещинами, по которым, однако, еще не произошло окончательного отделения кусков породы. Нижний слой элювия сложен уже окончательно отделившимися кусками породы, но еще залегающими *in situ*. В верхнем слое элювия эти куски уже подвергались взаимным перемещениям и залегают довольно беспорядочно. Нарушенность залегания верхнего слоя элювия особенно хорошо просматривается в сланцах, распадающихся при выветривании на тонкие плитки по плоскостям сплошности или кливажа. В породах толстослоистых или массивных нарушение залегания менее заметно.

Элювий плотика, особенно его верхний слой, обычно обладает значительным содержанием металла. Большая часть этого металла попадает в трещины плотика в процессе переноса металла. При выветривании плотика и превращения его в элювий этот металл может испытывать некоторые перемещения, преимущественно вниз. Кроме того, часть металла может проникать в элювий плотика и в трещины коренного плотика уже после образования россыпи.

Очень часто элювиальная часть плотика является наиболее богатым горизонтом россыпи. Иногда это дает основание называть подобные россыпи элювиальными, что, конечно, совершенно неправильно, так как металл в этих россыпях типично аллювиальный. В подобных условиях залегания элювиальными могут называться лишь те россыпи, которые образовались благодаря выветриванию и превращению в элювий металлоносных коренных пород, слагающих плотик аллювия. Так, например, если плотик аллювиальной россыпи сложен глинистыми сланцами, в которых проходит сеть золотоносных кварцевых прожилков, то последние, выветриваясь и разрыхляясь под слоем аллювия, дают начало элювиальной россыпи. Помимо собственного элювиального золота такая россыпь может также содержать известное количество и аллювиального золота, опустившегося из вышележащего аллювия.

Часто считают, что залегание коренного месторождения в плотике аллювиальной россыпи особенно благоприятно для ее богатства. На самом деле это далеко не так. Под слоем аллювия выветривание плотика проникает обычно не очень глубоко, и измельчение породы бывает несовершенное, значительная часть металла остается заключенной в породе. Таким образом, и мощность и содержание свободного металла в элювиальной россыпи недостаточно велики. В процессе углубления и расширения долины коренные породы подвергаются весьма быстрому разрушению эрозией, не испытывая при этом мелкого дробления. Металлоносная порода, выходящая в плотике аллювия, уходит рекою в виде довольно крупных кусков, не освобождая заключенного в ней металла. Таким образом, количество металла, которым может пополниться аллювиальная россыпь в период ее преобразования, весьма невелико, почему подобное расположение коренного месторождения следует признать неблагоприятным для богатства аллювиальной россыпи. Лишь при очень долговременном и глубоком выветривании плотика заключенное в нем коренное месторождение может дать в аллювиальную россыпь значительное количество металла.

Кроме плотика россыпи, после ее образования подвергается выветриванию также слагающая ее галька. Выветривание гальки протекает менее интенсивно, с одной стороны, по причине ее сравнительно небольших размеров, с другой стороны, потому что все трещины, имеющиеся в гальке, обычно используются для ее дробления в процессе переноса. Тем не менее при долговременном пребывании в аллювиальной россыпи как галька, так и валуны могут до некоторой степени подвергнуться выветриванию. Иногда при шурфовке приходится встречать сильно выветрелые гранитные валуны, покрытые довольно рыхлой коркой выветри-

вания. Состояние этой корки показывает, что она образовалась в аллювии, так как в процессе переноса валуна она неизбежно должна была бы с него осыпаться. Иногда встречаются валуны и гальки, распавшиеся в аллювии благодаря выветриванию на несколько частей. Если они являются металлоносными, то при этом может происходить освобождение заключенного в них металла¹.

¹ Впоследствии Ю. А. Билибин разработал вопрос о выветривании аллювия в различных климатических условиях и пришел к заключению, что этим признаком можно пользоваться для различения россыпей по возрасту.— *Ред.*

Часть вторая
ТИПЫ РОССЫПЕЙ

Глава XIII

ТИПЫ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ

1. Русловые россыпи

Русловыми россыпями могут быть названы те россыпи, которые расположены в русле реки или непосредственно под ним. При этом расположение россыпи должно быть неразрывно связано с расположением русла, а не находиться с ним в случайном соотношении. Так, например, участки долинной россыпи, расположенные под руслом реки, не могут быть названы русловыми россыпями, так как долинная россыпь не связана в своем расположении с руслом и пересекается им лишь в отдельных, случайных местах, а может и совсем не пересекаться.

Из сказанного в предыдущей главе вытекает, что русловая россыпь это есть аллювиальная россыпь, находящаяся в процессе своего преобразования. По окончании этого процесса русло реки не имеет сколько-нибудь постоянного положения в долине, но перемещается из стороны в сторону. Если в русле возникает какая-либо металлоносная струя, то через некоторое время благодаря боковым перемещениям русла она из русловой превращается в долинную. Вне периода преобразования россыпей сколько-нибудь длительное существование русловой россыпи или отдельных русловых металлоносных струй невозможно.

Внутри себя русловые россыпи могут быть подразделены на несколько видов в зависимости от времени своего возникновения и связанных с этим особенностей.

1. Прежде всего в процессе преобразования долин русловая россыпь возникает при размыве старой долинной россыпи. Пока врезание русла происходит в торфах старой россыпи, мы всю ее целиком должны рассматривать как долинную. Но как только в движение русловых наносов вовлекаются металлоносные пески, становится необходимым выделять среди долинной россыпи полоску русловой россыпи. Хотя эта россыпь в начале своего возникновения представляет часть долинной и непрерывно в нее переходит, тем не менее она, раз выделившись, развивается независимо от долинной россыпи и по целому ряду признаков от нее отличается.

Мощность торфов в этой русловой россыпи невелика и примерно равна мощности активного слоя, хотя в отдельных участках россыпи могут встречаться отклонения как в ту, так и в другую сторону. Мощность металлоносных песков меньше, чем в долинной россыпи, и по мере их размыва непрерывно уменьшается от половодья к половодью. Во время каждого половодья происходит перемещение металла вниз по течению, почему распределение металла в россыпи с каждым новым половодьем изменяется. Вместе с тем это перемещение металла приводит к тому, что русловая россыпь становится независимой в своем расположении от долинной: благодаря сносу металла вниз по течению русло реки может оказаться металлоносным даже там, где оно выходит за контуры долинной россыпи.

Когда размыв металлоносного пласта доходит до плотика и начинается врезание русла в коренные породы, русловая россыпь окончательно обособляется от долинной, которая вместе с тем превращается в россыпь террасовую.

2. ПерIOD врезания русла в коренные породы является периодом широкого развития русловых россыпей. Ввиду того что покров донных наносов в русле не является в это время сплошным, русловая россыпь также разбивается на отдельные участки, разбросанные по руслу в разных местах. Различные участки могут обладать совершенно различным характером. Весьма обычными здесь являются небольшие островки аллювия, передвигающиеся каждое половодье вниз по течению. Мощность торфов в них весьма невелика, а металлы сосредоточены лишь на поверхности коренных пород. Размеры таких островков в плане также невелики. Часто верхняя по течению их часть (головка) бывает значительно обогащена металлом.

3. Непосредственно примыкают к предыдущим те участки коренного дна, на которых рассеяны отдельные зерна металла без всякой покрывки, отстающие в своем движении от покрывавшего их ранее аллювия. Во время половодья эти зерна могут передвигаться самостоятельно вниз по течению.

4. Более постоянные накопления аллювия в переуглубленных участках русла отличаются от сезонных его накоплений длительностью своего существования и размерами. Мощность торфов в них может быть довольно значительна, равно как и мощность металлоносного пласта.

5. Как небольшие, но обычно весьма богатые участки русловых россыпей следует рассматривать накопления металла в различных неровностях русла: в карманах, котлах, среди валунов и пр.

6. Сюда же должны быть отнесены и скопления металла в трещинах коренного дна и берегов. Особенно большое значение они имеют в сланцеватых породах, часто заключая значительную часть металла русловой россыпи. Они могут быть прикрыты сверху небольшим слоем аллювия или же находиться без всякой покрывки. Подобные скопления отличаются тем, что по мере углубления крутого участка они лишь очень незначительно перемещаются вниз по течению.

7. Более постоянные русловые россыпи образуются ниже крутого участка. Благодаря процессу накопления покров донных наносов в русле постепенно становится сплошным. При этом участки, отмеченные в пп. 2 и 3, перестают существовать; участки п. 4 разрастаются, сливаясь в одну сплошную русловую россыпь, а участки пп. 5 и 6 перекрываются этой россыпью, сохраняясь лишь как ее местные детали. Когда накопление россыпи происходит без расширения долины, ширина ее примерно равна ширине русла, ограниченного коренными берегами. Общая мощность такой россыпи обычно больше, чем в русловых россыпях крутого участка, но меньше, чем в других окончательно сформировавшихся россыпях.

Подобная русловая россыпь после своего образования может сохраняться неопределенно долгое время, если новая долина не подвергается расширению. Чаще эта долина вскоре же начинает расширяться, и русло уходит в сторону от россыпи. Последняя без всяких изменений в своем характере лишь самым фактом перемещения русла превращается в россыпь долинную.

8. Значительно более сложного характера русловая россыпь возникает в том случае, если одновременно с ее накоплением происходит расширение долины. В отличие от предыдущей эта россыпь превращается в долинную весьма постепенно в самом процессе своего накопления. Провести скольнибудь резкую границу между ее русловым и долинным состоянием не представляется возможным. Рациональнее всего, пожалуй, как и при размыве долинной россыпи, выделить здесь русловую и долинную части россыпи, хотя здесь они связаны между собою гораздо теснее. В подобной

россыпи можно выделить четыре рода металлоносных участков: 1) русло и его протоки; 2) галечные острова и отмели посреди русла и между протоками; 3) береговые косы и отмели; 4) аллювий уже сформировавшихся покрытых растительностью берегов.

Участки 1, 2 и 3 могут быть отнесены к русловой части россыпи, участок 4 — к долинной. Это деление не является, конечно, резким и сколько-нибудь постоянным, так как при боковых перемещениях русла в процессе нарастания россыпи русловые ее части могут превращаться в долинные и наоборот. В самом начале расширения долины россыпь является типичной русловой, содержит металл лишь в русловых наносах; потом возникают береговые металлоносные отмели, с образованием протоков появляются металлоносные срединные отмели и острова и, наконец, при достаточной ширине долины отдельные участки аллювиальных отложений, не перемываясь в течение длительного срока, могут формировать более или менее постоянные берега, т. е. долинные части россыпи. Последние, по мере расширения долины и россыпи, играют в ней все большую роль. Когда в русловой части россыпи закончено образование металлоносного пласта и начинается накопление торфов, вся россыпь становится долинной. Таким образом, процесс накопления аллювиальной россыпи есть вместе с тем процесс ее преобразования из русловой россыпи в долинную.

Характер русловой части подобной россыпи достаточно ясен из процесса ее образования, описанного в предыдущей главе. Обычно накопление металла идет на выпуклой стороне береговых и срединных отмелей причем благодаря меженному перемыву головная часть их часто бывает значительно богаче хвостовой.

9. К русловым же относятся и те металлоносные струи, которые возникают в русле реки при размыве ею уже после образования основной россыпи металлоносных речных террас, коллювия или выносов распадков.

На основании всего вышесказанного можно дать следующую схему классификации русловых россыпей:

I. Русловая россыпь, выделяющаяся из долинной при начале ее размыва.

II. Русловая россыпь, находящаяся в состоянии перемещения вниз по крутому участку; распадается на отдельные части, среди которых можно выделить: а) сезонные скопления металлоносного аллювия; б) более длительные скопления металлоносного аллювия в переуглубленных участках русла; в) зерна металла, рассеянные на коренном дне реки без аллювиальной покрывки; г) скопления металла в карманах, котлах, между валунами и пр.; д) скопления металла в трещинах коренного дна.

III. Русловая россыпь, накапливающаяся ниже крутого участка и переходящая с течением времени в долинную. Можно различать накопленные россыпи:

1) без расширения долины;

2) с одновременным расширением долины; в этом случае как различные металлоносные участки россыпи выделяются: а) русло и его протоки; б) галечные острова и отмели посреди русла и между протоками; в) береговые косы и отмели; г) аллювий сформировавшихся берегов (долинная часть россыпи).

IV. Русловые металлоносные струи, возникающие уже после образования главной россыпи (часто даже в фазу покоя) благодаря размыву металлоносных:

1) речных террас,

2) коллювиальных масс,

3) выносов распадков.

Все группы русловых россыпей, за исключением группы IV, имеющей лишь очень небольшое значение, характерны для молодых долин, находящихся в стадии своего углубления или лишь недавно его закончивших.

2. Долинные россыпи

Русловая россыпь — это аллювиальная россыпь в процессе своего преобразования. Долинная россыпь — это окончательно сформировавшаяся аллювиальная россыпь. Поэтому долинные россыпи представляют наиболее обычный и широко распространенный тип аллювиальных россыпей, имеющих наибольшее практическое значение.

В отличие от русловых россыпей, из которых они развиваются, долинные россыпи располагаются в зрелых, вполне сформировавшихся или заканчивающих свое формирование речных долинах. В то время как существование русловых россыпей является весьма кратковременным, будучи ограничено периодом преобразования долин, срок существования долинных россыпей не подвержен никаким ограничениям. Они могут сохраняться без существенных изменений в течение весьма длительного срока, пока вся горная страна не испытает поднятия или не произойдет местных понижений базиса эрозии. И в том и в другом случае долинные россыпи как таковые прекращают свое существование, подвергаясь процессу преобразования. Этот последний заключается в том, что долинная россыпь выделяет из себя русловую россыпь с превращением остальных своих частей в террасовые. Русловая россыпь перемещается на низший уровень и, пополняясь металлом за счет уничтожения террасовых россыпей, превращается в новую долинную россыпь.

При благоприятных тектонических условиях длительность существования долинной россыпи соизмерима с геологическими периодами. В случае погружения страны долинная россыпь перекрывается более мощным слоем обломочного материала, превращаясь в погребенную россыпь. Тот же результат получается и в случае, если долинная россыпь перекрывается не аллювиальными, а какими-либо посторонними образованиями, например ледниковыми отложениями или лавовыми потоками. Во всех этих случаях сама долинная россыпь не испытывает какого-либо преобразования, лишь покрываясь более мощным слоем торфов, т. е. оставаясь погребенной долинной россыпью. В некоторых случаях трудно бывает различить, имеем ли мы перед собой обычную долинную россыпь или погребенную, т. е. образовался ли весь слой покрывающих ее торфов в связи с преобразованием долины, или верхняя его часть обязана позднему погружению страны.

Так как долинные россыпи представляют наиболее обычный тип аллювиальных россыпей, все сказанное в последующих главах о строении россыпей будет относиться преимущественно к ним, поэтому сейчас на их характеристике можно больше не задерживаться.

3. Речные террасы

Речные террасы представляют остатки старой речной долины, расположенные на некоторой высоте над более молодой долиной реки благодаря последующему врезанию ее русла. Аллювиальные россыпи, расположенные на речных террасах и представляющие остатки старой долинной россыпи, называются террасовыми россыпями. Несмотря на такое, казалось бы, ясное и точное определение террасовых россыпей, не всегда бывает возможно, как увидим ниже, решить, следует ли данную россыпь называть террасовой или нет.

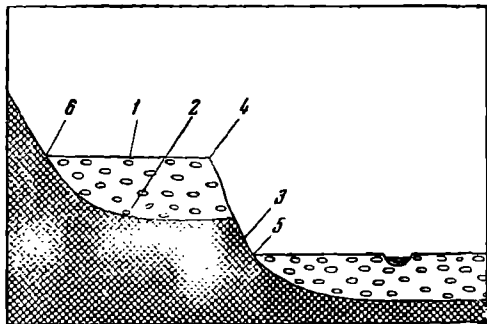
В каждой речной террасе можно различать (фиг. 67): поверхность террасы; ее основание, или плотик; склон террасы, обращенный к молодой долине; бровку террасы, представляющую линию пересечения склона с поверхностью террасы; подножие склона — пересечение его с поверхностью молодой долины. Со стороны, противоположной склону, терраса

ограничена или коренным бортом долины или склоном еще более древней и выше расположенной террасы. Пересечение поверхности террасы с этим склоном представляет ее край, который совпадает с подножием склона верхней террасы. Бровку террасы также иногда называют ее краем; в этом случае следует различать русловой и бортовой или внутренний и наружный край террасы.

Склон террасы может быть сложен как ее аллювием, если плотик террасы расположен ниже поверхности долины, так и коренными породами, если плотик расположен выше этого уровня (фиг. 68). Крутизна склона может быть очень различной в зависимости от слагающих его пород и интенсивности подработки его руслом реки. Под высотой террасы понимают обычно превышение ее бровки над руслом реки. В идеальном случае поверхность террасы в поперечном сечении горизонтальна, и высота бровки характеризует и высоту всей террасы. В действительности высота бровки часто бывает меньше высоты всей террасы вследствие осыпания и оплывания аллювия вниз по склону террасы. С другой стороны, вблизи края террасы благодаря накоплению коллювия и пролювия уровень ее значительно повышается. Правильнее всего под высотой террасы понимать превышение над руслом той части ее поверхности, которая не понижена сносом аллювия и не повышена накоплением пролювия и коллювия. Однако на практике установить эту высоту не всегда бывает возможно, так как часто поверхность террасы имеет непрерывный уклон от борта к руслу, при котором нормальная поверхность аллювиальных отложений никак не обнаруживается. В этом случае часто высоту террасы обозначают двумя цифрами, соответствующими тем пределам, в которых она заключена, например 15—20-метровая терраса.

Помимо изменения высоты террасы в ее поперечном профиле она может изменяться и в продольном профиле. С одной стороны, это могут быть закономерные изменения высоты, обусловленные изменением глубины врезания по длине реки. С другой стороны, это могут быть изменения, обусловленные случайными причинами. Так, например, если бровка террасы проходит вблизи ее края, высота террасы становится больше, если бровка террасы удаляется от ее края, высота террасы кажется меньше благодаря ее поперечному уклону. Если на поверхности террасы увеличивается мощность пролювия или коллювия, то увеличивается и кажущаяся высота террасы. В большинстве случаев высота террас довольно хорошо выдерживается по длине реки, т. е. они, как и дно долины, имеют пологий уклон вниз по течению.

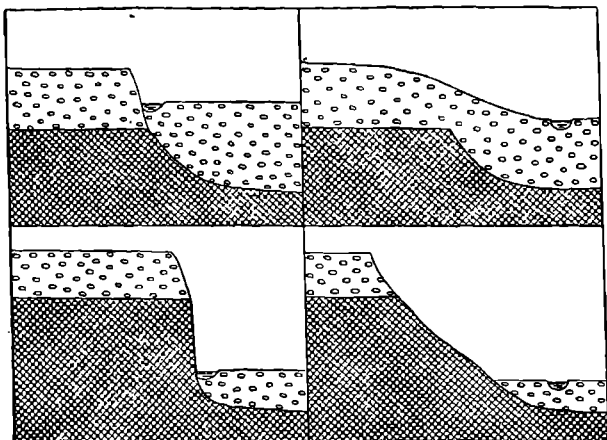
Помимо высоты самой террасы можно различать еще высоту ее плотика над руслом реки. Так как плотик тоже обладает поперечным уклоном, иногда довольно значительным, то его высота будет сильно зависеть от того, в какой своей части по ширине долины он выходит на склоне террасы.



Фиг. 67. Элементы речной террасы.

1 — поверхность; 2 — плотик; 3 — склон; 4 — бровка; 5 — подножие склона; 6 — край.

Иногда террасы располагаются на склоне долины в несколько ярусов одна над другой, представляя остатки речных долин различных эрозионных циклов. Часто их обозначают порядковыми номерами снизу вверх, т. е. самую низкую террасу называют первой, следующую над ней — второй и т. д. Впрочем, иногда ведут нумерацию в обратном порядке, от верхних к нижним. Поэтому лучше обозначать террасы их высотой над руслом реки, прибегая к нумерации лишь как к чисто условному обозначению. Высота одной террасы над другой примерно показывает разницу в уровнях долин соответствующих циклов эрозии.



Фиг. 68. Различный характер склона речной террасы.

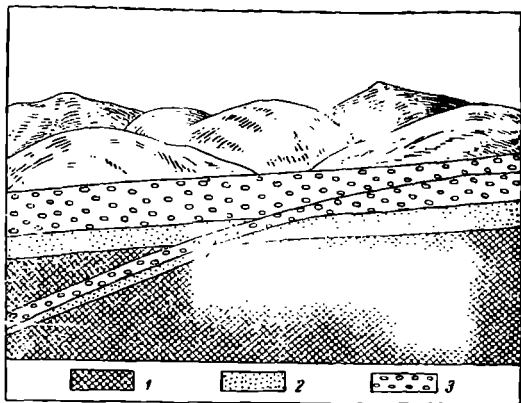
Довольно часто в геоморфологической литературе различают террасы размыва и накопления, а также террасы вложенные и наложенные. Террасами размыва называют основание или плотик террасы, террасами накопления — верхнюю поверхность. Впрочем, не всегда эти термины применяются в одном и том же смысле. Террасами вложенными обычно называют такие серии террас, каждая из которых имеет в основании коренные породы; террасами наложенными — такие, в основании которых лежит более древний аллювий, соответствующий по времени образования аллювию более высоких террас. Впрочем, различные авторы толкуют эти термины совершенно по-разному, иногда даже в совершенно противоположном смысле. В дальнейшем изложении мы будем избегать и тех и других определений террас, как слишком неопределенных и сбивчивых и притом для наших целей совершенно бесполезных, лишь изредка упоминая их для сравнения. Ограничившись этими общими данными о речных террасах, перейдем к более подробному рассмотрению процесса их развития.

4. Террасы и террасовые россыпи зоны углубления долин

Образование речных террас происходит в фазу углубления долин. Следует с самого начала подчеркнуть, что время образования речной террасы можно понимать двояко. С одной стороны, можно говорить о времени формирования плотика террасы, ее аллювия или поверхности. С другой стороны, можно говорить о времени возникновения террасы как таковой.

Аллювий террасы первоначально образуется и существует в течение долгого эрозионного цикла как аллювий долинный, и лишь в начале следующего эрозионного цикла с новым врезанием русла и возникновением речных террас он становится аллювием террасовым. Таким образом, возникновение террасы как таковой происходит почти на целый эрозионный цикл позднее, чем образование покрывающего ее аллювия.

К сожалению, в геоморфологической литературе не всегда достаточно резко разделяются эти два периода, благодаря чему иногда бывает непонятно, о чем именно говорит автор. В дальнейшем изложении мы будем проводить это разделение достаточно резко, говоря, с одной стороны, о времени образования плотика террасы, аллювия террасы или уровня террасы, с другой стороны — о времени образования террасы, которое происходит на цикл позднее. Говоря о времени образования или возрасте террасовой россыпи, будем понимать под этим время ее образования как россыпи долинной, но не время ее превращения из долинной россыпи в террасовую.



Фиг. 69. Схема разделения долинной россыпи на русловую и террасовую.

1 — плотик; 2 — песок; 3 — торфа.

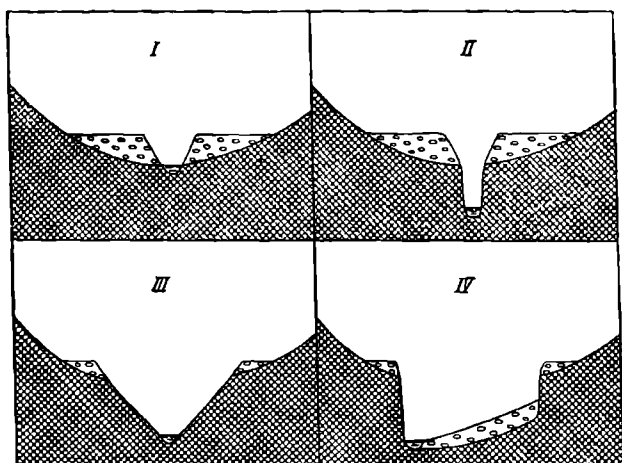
Началом существования террасы, а вместе с

тем моментом превращения долинной россыпи в террасовую можно считать тот момент, когда уровень воды в русле становится ниже плотика россыпи. Момент этот является чрезвычайно распылчатым и трудноуловимым, так как уровень воды в русле подвержен сильным колебаниям, а коренные породы располагаются в различных участках русла на различной глубине; в то время как в одних местах русло уже врезалось в коренные породы, в других оно еще расположено в аллювии. Лишь когда русло на значительном протяжении врезано в коренные породы, старую долинную россыпь можно считать превратившейся в террасовую.

Разделение долинной россыпи на русловую и террасовую начинается, подобно всем эрозионным явлениям, в ее нижнем конце и отсюда распространяется вверх по течению. В некоторый промежуточный момент в нижнем конце мы имеем весьма резко обособленные русловую и террасовую россыпи, в то время как в верхнем конце, куда врезание еще не проникло, существует лишь одна долинная, представляющая непосредственное продолжение и русловой и террасовой россыпи (фиг. 69). Подобные соотношения можно наблюдать везде, где реки находятся в фазе углубления своих долин.

В начале своего обособления террасы обладают минимальной высотой при максимальной ширине. По мере углубления русла высота террас растет и достигает своего предела, когда углубление русла закончено. Так как процесс углубления распространяется снизу вверх по течению, то подобное же изменение высоты террас можно проследить и по длине реки. В верхнем конце крутого участка она минимальна, до нуля, вниз по течению увеличивается, достигая предела ниже крутого участка.

Ширина террас в зоне углубления долин может быть весьма различна. Если врезание протекает в форме каньона и величина его невелика, то ширина террас в пределах зоны углубления (по длине крутого участка) не изменится сколько-нибудь заметно. При большой глубине врезания отклонение стенок каньона от вертикальности может сказаться на уменьшении ширины террас вниз по течению. Если врезание протекает с образованием V-образной долины, то вниз по течению ширина террас весьма быстро уменьшается. Если принять угол естественного откоса склонов V-образной долины в 30° , то при глубине врезания h общая ширина террас уменьшается на $2h \cdot \text{ctg } 30^\circ = 3,42h$; при угле откоса в 45° уменьшение



Фиг. 70. Изменение ширины террас при углублении долины: I — начало углубления; II — углубление каньоном; III — углубление V-образной долиной; IV — с одновременным расширением.

ширины террас равно $2h$. Вполне естественно, что при большой глубине врезания в этом случае террасы могут сохраниться лишь в особо благоприятных условиях. Если врезание протекает с одновременным расширением долины, то изменение ширины террас в пределах крутого участка зависит в основном от интенсивности процесса расширения (фиг. 70).

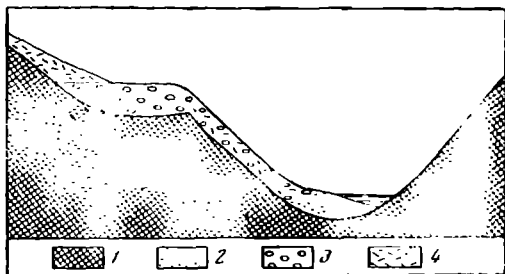
Во всяком случае зона углубления долин является вместе с тем зоной максимального развития речных террас, так как при всех дальнейших изменениях ширина их может лишь уменьшаться, но не увеличиваться. В тесной зависимости от ширины террас находится и сохранность террасовых россыпей. Во время разделения долинной россыпи на русловую и террасовую и заключенный в ней металл делится между этими россыпями в той или иной пропорции. Чем больше металла попадает в русловую россыпь, тем меньше его остается в террасовой и наоборот. Это распределение металла зависит от взаимного расположения долинной россыпи и русла к началу врезания (см. фиг. 62).

Обычно в начале врезания террасы бывают расположены по обе стороны русла, часто окаймляя его на значительном протяжении без сколько-нибудь значительных перерывов. Террасовая россыпь может быть расположена либо по одной стороне от русла, либо переходить с одной террасы на другую. Если русло было расположено несимметрично относительно старой долинной россыпи, то террасовая россыпь может уходить от него

далеко в сторону, а обнажение террасы вдоль русла будет покрыто лишь пустым аллювием. Если русло было расположено более или менее симметрично относительно россыпи, то террасовая россыпь будет окаймлять его с правой и левой стороны в виде довольно постоянных, хотя и не вполне непрерывных полосок. Это весьма благоприятный случай для обнаружения террасовой россыпи поисковыми работами.

Если долинная россыпь обладала незначительной шириной, то симметричное расположение русла при его врезании может повести к полному ее размытию. В этом случае даже при весьма хорошей сохранности террас на них может не сохраниться террасовая россыпь или будут присутствовать лишь самые бортовые, непромышленные ее части. Повидимому, подобный случай или близкий к нему мы имеем в Колымском районе по кл. Стремительному и в Алла-Юнском районе по кл. Сигне II. И там и тут при богатой русловой россыпи и прекрасной сохранности террас последние лишь очень слабо золотосны.

С уменьшением ширины террас террасовая россыпь подвергается постепенному уничтожению: общий запас металла в ней уменьшается за счет возрастания его в русловой россыпи. Обратный процесс немыслим ни при каких условиях. При углублении V-образной долины русловая и террасовая россыпи связаны между собою непосредственно, но через ту делювиальную россыпь, которая покрывает в этом случае склоны террасы (фиг. 71). По мере разрушения террасовой россыпи металл из нее поступает в делювиальную россыпь, а уже из этой последней в русловую.



Фиг. 71. Связь русловой и террасовой россыпи через делювиальную

1 — коренные породы; 2 — русловой аллювий; 3 — делювиальная россыпь; 4 — террасовая россыпь.

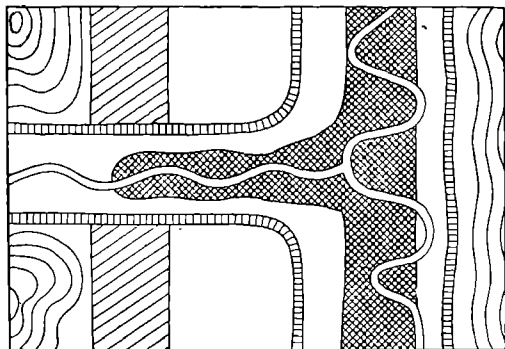
По длине долины террасы и террасовые россыпи даже в зоне их максимального развития не протягиваются на весьма значительные расстояния совершенно без перерывов. Наиболее обычные и иногда весьма многочисленные перерывы бывают обусловлены впадением притоков. Последние, как и главная река, переживают фазу углубления, при котором они расчленяют террасу главной реки на ряд отдельных участков, ограниченных по длине их углубленными долинами. Если приток при этом размывает террасовую россыпь главной реки, то в его устьевой части может возникнуть небольшая русловая россыпь (фиг. 72). При недостаточно внимательном подходе подобная россыпь при поисковых работах может быть очень легко принята за доказательство металлоносности долины самого притока.

Если приток недостаточно многоводен и подстигается твердыми породами, то его врезание может очень сильно запоздать, и он в течение длительного срока будет течь по поверхности террасы, нисходящей бурными каскадами вниз по ее склону. В этом случае в нем также возможно возникновение русловой россыпи, но на поверхности плотика террасы, аллювиальные отложения которой будут им прорезаны без большого труда.

Перерывы террас по длине долины могут возникнуть еще там, где русло реки при начале врезания было расположено вблизи коренного борта долины или где ширина террас, уменьшаясь по мере углубления русла, сошла наконец на нет. Последнего рода перерывы, естественно, более

части в нижнем конце крутого участка, чем в верхнем. Несмотря на все эти перерывы, речные террасы развиты обычно в зоне углубления долин настолько широко, что отождествление их не представляет больших затруднений.

При углублении русла в породах различной твердости развитие речных террас представляет некоторые в высшей степени характерные особенности, которые далеко не всегда правильно толкуются. Как мы знаем, скорость общего углубления русла в этих условиях определяется скоростью пропывания им выходов более крепких пород, обычно образующих в русле пороги. Углубление порогов не идет равномерно, но как бы скачками. Сначала происходит подготовка порога, распадение породы на отдельные валуны, а потом уже удаление этих валунов, после чего уровень русла быстро понижается на некоторую величину.



Фиг. 72. Возникновение русловой россыпи в устьевой части притока при размыве террасы.

В виде небольшой терраски. Каждой задержке в углублении русла, в течение которой река могла производить местное расширение своей долины, будет соответствовать подобный промежуточный уровень. Так как в различных участках по длине русла врезание регулируется разными порогами, то ясно, что в каждом участке течения могут возникать свои промежуточные уровни, и какая-либо параллелизация их даже в пределах одной и той же долины вряд ли возможна. Лишь когда возникают достаточно длительные задержки более общего характера, могут образоваться промежуточные уровни, общие для всей долины и даже для целого участка речной сети.

Формирование промежуточных уровней начинается как только русло при своем врезании достигает коренных пород. В том месте, где это происходит прежде всего (какой-либо погребенный порог или участок, где русло подходит близко к борту долины и где плотик расположен выше), происходит задержка врезания, и выше этого места начинается формирование промежуточного уровня. По мере достижения плотика в новых участках русла возникают все новые промежуточные уровни.

Первоначально они формируются в старом аллювии долины путем размыва его до некоторой глубины и оставления на образовавшейся поверхности небольшого нового слоя галечника. Потом размыв достигает до плотика аллювия и, наконец, захватывает и плотик (фиг. 73). В результате последовательного образования все более низких промежуточных уровней возникает целая серия очень небольших террас, возвышающихся одна над другой от 0,5 до 2 м. При этом, конечно, террасы более высокого уровня могут быть полностью уничтожены при формировании более низких уровней. В плане эти терраски представляют очень небольшие неправильной

формы площадки, беспорядочно возвышающиеся одна над другой (фиг. 74). Так как боковой размыв направлен то в правую, то в левую сторону, то часто уровни левого и правого берега не совпадают между собой.

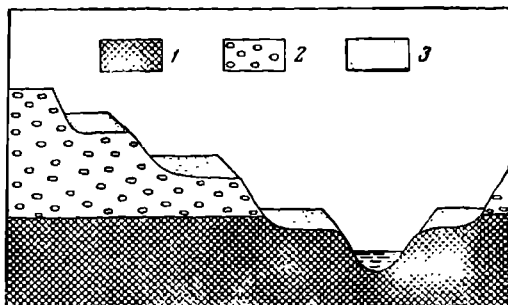
Если образование промежуточных уровней происходит в контурах старой россыпи, то все эти террасы могут оказаться металлоносными. Так как накопление наносов на них происходит лишь благодаря боковым перемещениям русла, то общая мощность их не может быть многим больше максимальной глубины русла. Точно так же очень невелика и мощность металлоносного пласта. Исключение может быть лишь в том случае, если при формировании промежуточного уровня старый аллювий долины не был промыт до основания и новый аллювий залегает на нем, а не на плотике.

Подобные серии террас промежуточного уровня пользуются очень большим распространением в Колымском и местами в Аллах-Юнском районах. В первом из них недавнее 10-метровое врезание местами выражено образованием целой серии подобных небольших террасок. Иногда серии таких террас рассматривают как результат очень частых незначительных по величине региональных понижений базиса эрозии, что, конечно, совершенно неправильно.

Террасы промежуточного уровня могут возникать в любой момент фазы углубления и на любом уровне, заключенном между уровнями старой и новой

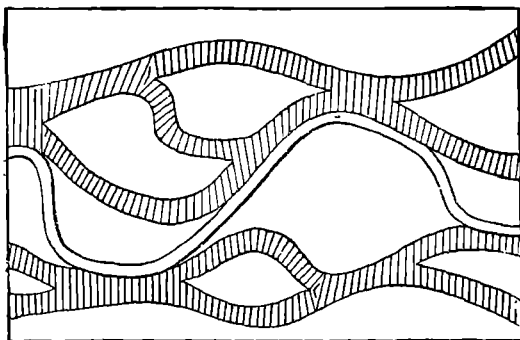
долин. Они могут формироваться как целыми сериями, так и одиночками; при последующей разработке долины они обычно подвергаются уничтожению, но до этого момента сохраняются в течение того или иного срока. Отличительными признаками их являются: невозможность параллелизации между собой и сравнительно небольшая мощность аллювия.

Весьма своеобразные террасы промежуточного уровня возникают в том случае, если углубление долины происходит одновременно с ее расширением. При этом русло реки перемещается не по вертикали вниз, а по некоторой наклонной поверхности (фиг. 75). Начав углубление в А, русло вместе с тем испытывает боковое перемещение влево, формируя наклонный уровень АВ. При боковом отступании русла на этом уровне образуется



Фиг. 73. Формирование промежуточных уровней в фазу углубления долины.

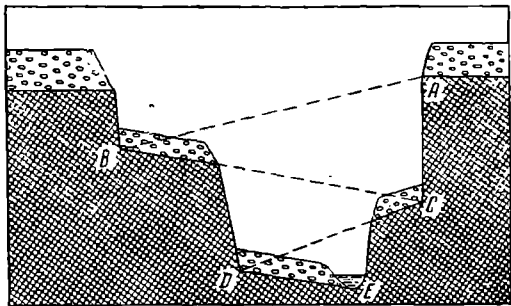
1 — плотин; 2 — старый аллювий; 3 — новый аллювий.



Фиг. 74. Террасы промежуточных уровней в плане.

нетолстый покров аллювия, который может быть металлоносным за счет размыва террасовой россыпи левого берега. Достигнув *B*, русло начинает испытывать отклонение вправо, формируя наклонный уровень *BC* и размывая старую террасу *AB*. Чем больше оно отклонится вправо, тем больше станет высота этой террасы.

Последовательными перемещениями вправо и влево при продолжающемся врезании русло может сформировать целую серию наклонных террас промежуточного уровня, многие из которых и даже все могут быть металлоносны. Так как в различных участках русла оно может в одно и то же время испытывать перемещения в разные стороны и при этом на различную величину, то, естественно, что подобные террасы не подвергаются абсолютно никакой параллелизации.



Фиг. 75. Формирование наклонных террас промежуточного уровня.

мне никогда не приходилось, но в геоморфологической литературе они отмечаются. Говоря в дальнейшем о речных террасах, мы будем подразумевать лишь террасы основных уровней, причем почти все, что будет о них сказано, может быть отнесено и к обычным террасам промежуточных уровней. Специальным рассмотрением последних террас мы заниматься не будем. Что касается наклонных террас промежуточного уровня, то их мы вообще исключим из дальнейшего рассмотрения, как случай достаточно редкий, если не вполне теоретический.

5. Террасы и террасовые россыпи зоны зрелых долин

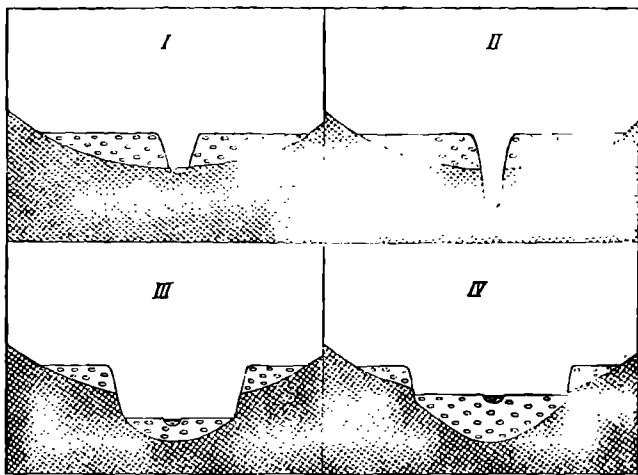
С началом расширения долины террасы и расположенные на них террасовые россыпи подвергаются систематическому уничтожению. Чем шире молодая долина, тем меньше вероятность сохранения по ее сторонам старых речных террас, тем меньше ширина последних и тем чаще в них появляются перерывы.

Помимо постепенного размыва и уменьшения ширины террас, в зоне расширения долины может несколько изменяться и их высота. Прежде всего, одновременно с расширением долины происходит накопление аллювия; уровень русла неизменно повышается с соответствующим уменьшением высоты над ним речных террас. В результате накопления аллювия уровень русла может подняться на несколько метров. При небольшой глубине врезания это может очень значительно отразиться на высоте террас. В некоторых случаях накапливающийся аллювий может даже совершенно скрыть коренную часть склона террасы. Если отвлечься от поперечного уклона поверхности террас, то можно сказать, что в зоне расширения долины их высота уменьшается на мощность накопившегося в молодой долине аллювия (фиг. 76).

При ведении поисковых работ следует считаться с тем, что когда склон террасы сложен полностью аллювием, то у подножия этого склона плотик террасовой россыпи и металлоносные пески могут располагаться очень

неглубоко от поверхности и даже несколько возвышаться над уровнем молодой долины, лишь будучи замаскированы осыпавшимся сверху пустым аллювием.

Таким образом по окончательному формированию долины плотный террасовый россыпь с лежащим на нем металлоносным пластом может оказаться расположенным: 1) выше уровня молодой долины, 2) на этом уровне и 3) ниже его. По этому признаку могут быть выделены три разновидности



Фиг. 76. Изменение высоты террасы при углублении и расширении долины.

террасовых россыпей. Называть последнюю разновидность погребенными террасовыми россыпями неправильно, так как это название может быть применено лишь в том случае, если сама терраса подвергнется погребению.

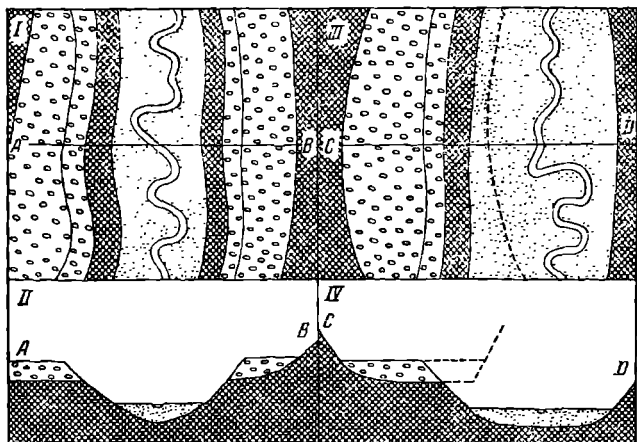
В процессе расширения долины высота террасы может также несколько увеличиться вследствие того, что с молодой долиной будут граничить все более бортовые, а вместе с тем и более возвышенные части террасы. Общее изменение высоты террасы в фазу расширения долины зависит от мощности накопившегося аллювия, ширины молодой долины и поперечного уклона террасы.

Таким образом, фаза расширения долин является вместе с тем фазой уничтожения террас и террасовых россыпей. По окончании ее, когда молодая долина становится вполне зрелой, по ее сторонам речные террасы могут совершенно не сохраниться, будучи полностью уничтожены боковой эрозией. Действительно, для того, чтобы террасы сохранились и в зрелой долине, необходимо, чтобы она была или уже старой, или углублена не симметрично по отношению к старой, а несколько сдвинута вбок.

Уменьшение ширины долины в смене эрозионных циклов далеко не обязательно, а наоборот, требует для себя некоторых специальных условий. Оно может иметь место или при уменьшении многоводности потока или при изменении твердости окружающих пород. При этом следует иметь в виду, что склоны террас не остаются в зрелой долине сколько-нибудь крутыми, а под влиянием выветривания принимают угол естественного откоса. Считая его равным 30° , получим, что из общей ширины старой долины

приходится на склоны террас $3,42 \cdot h$, где h — глубина врезания. Если при симметричном заложении новой долины уменьшение ее ширины превышает эту цифру, террасы сохраняются, если нет — уничтожаются полностью (фиг. 77).

Изменение твердости окружающих пород может иметь место при углублении долины в горизонтальных или слабо наклонных породах неодинаковой твердости. Река, имевшая широкую долину в известняках, сильно



Фиг. 77. Сохранение террас в зрелой долине при уменьшении ее ширины (I — II) и при несимметричном заложении (III — IV) — в плане и в профиле.

уменьшает ее ширину, врезавшись в подстилающие гнейсы архея. Террасы, разработанные в известняках, имеют много шансов сохраниться. Подобные условия мыслимы, например, в южной части Алданской плиты.

Уменьшение многоводности потока может зависеть от причин как климатического, так и геоморфологического характера. Например, перехват одной рекой части бассейна другой может значительно уменьшить многоводность последней. Незначительные речки, текущие в чрезвычайно широких долинах, выработанных, несомненно, более мощным водным потоком, не представляют редкости. При последующем врезании значительная часть старой долины сохраняется в виде речных террас.

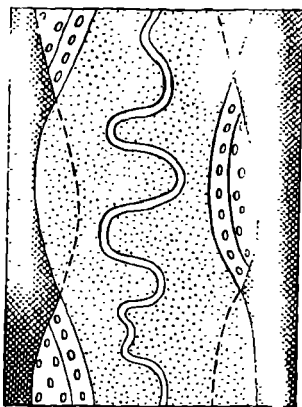
Сохранение террас в зрелой долине вследствие ее несимметричного заложения представляет значительно более распространенное явление. Даже при сравнительно симметричном заложении контуры старой и новой долин в плане очень редко будут совпадать между собою. Там, где контуры старой долины окажутся выходящими за контуры новой, сохраняются отдельные обрывки речных террас, расположенные то на одном, то на другом борту долины (фиг. 78). Благодаря поперечному уклону уровня террасы высота этих обрывков может заметно варьировать, что сильно затрудняет их параллелизацию. Так как при этом сохраняются лишь самые бортовые части террас, вероятность сохранения на них участков террасовых россыпей весьма невелика.

Гораздо лучше сохранность террас бывает в тех случаях, когда новая долина оказывается целиком смещенной вбок по отношению к старой, т. е. когда преобладает односторонняя боковая эрозия, причины которой не всегда могут быть точно установлены. В этом случае возникает асим-

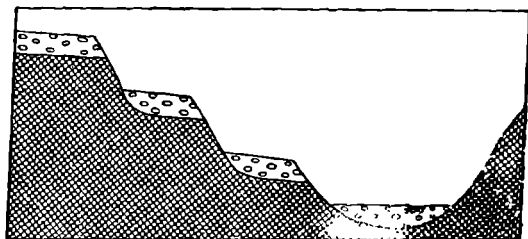
метричная речная долина, один борт которой более крутой и сложен непосредственно коренными породами, другой — в общем более пологий и покрыт речными террасами или их остатками. Если причины, вызывающие одностороннюю боковую эрозию, действуют подряд в течение нескольких эрозионных циклов, то они приводят к образованию целой серии речных террас, возвышающихся одна над другой на одном и том же борте долины, в то время как другой борт от них совершенно свободен (фиг. 79).

Этот случай является весьма благоприятным для сохранения террасовых россыпей. Здесь имеются все условия для того, чтобы русло реки при своем врезании располагалось в стороне от россыпи. Поэтому на подобных террасах могут сохраняться не только бортовые, более бедные, части россыпи, но и наиболее богатые средние ее части. При этом количество металла, поступающего в новую россыпь, неизменно уменьшается с каждым новым эрозионным циклом, так как весьма значительное количество его остается на разных уровнях в террасовых россыпях.

Подобные условия расположения террас неблагоприятны и для пополнения новых россыпей материалом из коренного месторождения. Если последнее расположено на террасированном склоне, то значительная его часть скрыта под толщей террасового аллювия. Та часть, которая выходит не-



Фиг. 78. Сохранение речных террас при несовпадении контуров старой и новой долины.



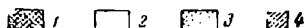
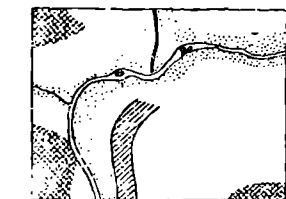
Фиг. 79. Возникновение серии террас при долговременном проявлении односторонней боковой эрозии.

посредственно на поверхность и подвергается выветриванию, дает накопления коллювиальных масс на поверхности террас, а так как русло неизменно отступает в противоположную сторону, то эти накопления могут остаться незамытыми в течение весьма длительного срока.

Если коренное месторождение расположено на противоположном, подмываемом борту долины, то благодаря его крутизне значительная часть металлоносного делювиального материала поступает в долину лишь в грубо измельченном виде, и много металла остается заключенным в породе. В период формирования новой долины значительная часть месторождения может быть уничтожена непосредственно боковой эрозией реки, и опять-таки много металла будет унесено заключенным в гальке. В таких условиях

очень большое значение может иметь питание россыпи металлом через приток и мелкие боковые распадки.

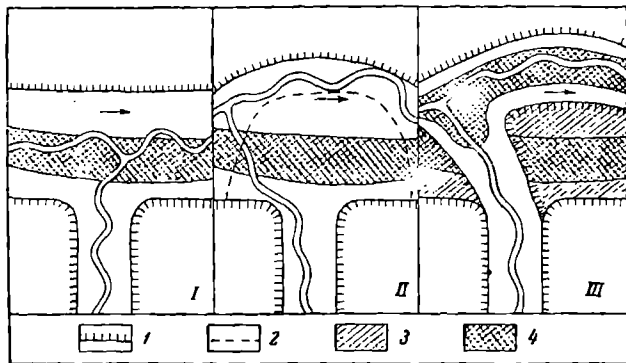
Односторонняя боковая эрозия может проявляться в самых разнообразных условиях и вследствие различных причин. Довольно часто ее можно наблюдать на очень крутых заворотах долин. Здесь во многих случаях (но далеко не всегда) речная долина с каждым новым своим углублением имеет тенденцию смещаться к вогнутой стороне заворота, оставляя на выпуклой (внутренней) своей стороне серию речных террас. Примером подобного расположения террасовой россыпи может служить россыпь, располагавшаяся на внутренней стороне резкого заворота долины р. Бодайбо (фиг. 80).



Фиг. 80. Заворот долины р. Бодайбо.

1 — коренные породы; 2 — древние наносы; 3 — современный аллювий; 4 — россыпь.

У мелких притоков этот конус занимает очень небольшую площадь и обладает заметным на-глаз, иногда довольно крутым уклоном боков. Конусы выноса крупных притоков занимают иногда колоссальные площади и обладают таким пологим наклоном боков, который может быть установлен лишь точными нивелировками. Накопление конусов выноса



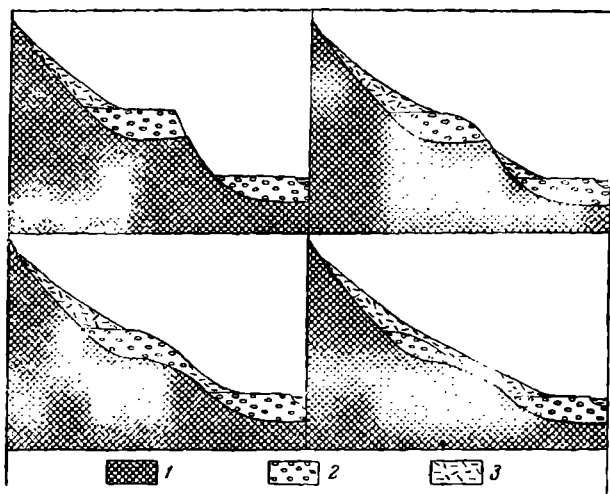
Фиг. 81. Образование устьевых террас: I — середина эрозионного цикла; II — конец цикла; III — начало следующего цикла.

1 — контуры долины; 2 — конус выноса; 3 — террасы; 4 — аллювиальная россыль.

начинается по заполнении долин аллювиальными отложениями (до этого, если они образуются, то перекрываются аллювием). Максимального развития конусы выноса достигают в конце эрозионного цикла, перед началом углубления долин.

Воздействие, которое конусы выноса оказывают на течение рек, двоякого рода. С одной стороны, они часто оттесняют русло реки к противоположному борту долины, иногда даже вызывая его подмыв (фиг. 81). С другой стороны, русло самого притока, накатывающего конус, испытывает по нему весьма частые и значительные перемещения из стороны в сторону.

Поэтому вероятность того, что в конце эрозионного цикла, перед началом нового врезания, русла и главной реки и притока будут расположены вдалеке от места их первоначального расположения и отложенной ими россыпи, весьма велика. После нового врезания при устьях притоков весьма часто сохраняются очень широкие террасы, содержащие как россыпь главной долины, так и устьевую часть россыпи притока. Подобные участки устьевых террас можно найти в очень многих зрелых долинах. В Колымском районе устьевые террасы особенно хорошо выражены в вершине р. Малтана (устья рр. Босандры и Хюринды), при впадении р. Средникана в Колыму, при впадении рч. Золотистой в Средникан и пр.



Фиг. 82. Преобразование речной террасы процессами деструкции.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — коллювий.

Все отмеченные случаи сохранения террас и террасовых россыпей в зоне зрелых долин являются в сущности частными и требуют для себя некоторых специальных условий, которые далеко не всегда имеются налицо. Поэтому для зоны зрелых долин развитие террасовых россыпей, хотя и возможно, но обычно невелико и во всяком случае не характерно.

Те остатки речных террас, которые сохраняются в зоне зрелых долин, подвергаются в течение фазы покоя эрозионного цикла весьма медленному преобразованию под влиянием процессов выветривания и денудации (фиг. 82). Прежде всего, верхняя часть склона террасы, сложенная рыхлыми аллювиальными отложениями, очень быстро начинает осыпаться, оплывать и смываться дождевыми водами вниз по склону террасы. Иногда совокупность этих процессов протекает настолько интенсивно, что часть террасы, прилегающая к ее бровке, оказывается совершенно лишенной аллювия, и на поверхность выходит непосредственно плотик террасы. В условиях малой интенсивности выветривания и денудации, и, наоборот, интенсивной размывающей работы дождевых вод поверхность террасы может обнажиться от аллювия на значительной части своего протяжения («терраса размыва»).

В условиях большинства наших золотоносных районов, при интенсивных выветривании и денудации освобождающийся от аллювия плотик террасы тотчас перекрывается оползающими по поверхности террасы от ее

бортовой части массива коллювия. Сам плотик террасы вблизи ее бровки, а также коренная часть склона террасы подвергаются интенсивному выветриванию, давая делювий, опускающийся к уровню молодой долины. По своему литологическому составу этот делювий является весьма своеобразным, состоя отчасти из типичного делювиального материка, отчасти из оползающего террасового аллювия. Если последний является металлоносным, то аллювиальный металл содержится и в делювии. Накапливаясь на поверхности молодой долины у подножия склона террасы, этот делювий преобразует резкий перегиб здесь склона в мягкоогнутый профиль его.

С другой стороны, идет накопление коллювия и на поверхности террасы у подножия коренного борта долины. Этот коллювий сглаживает и здесь резкий излом поверхности. Таким образом все три перегиба рельефа, образуемые террасой (край террасы, ее бровка и подножие склона), по мере хода деструкции постепенно сглаживаются. Профиль террасы становится все менее выразительным. Коллювий, накапливающийся на поверхности террасы, располагается по ней от края к бровке. В этом движении он может увлечь с собой и верхний слой аллювия. При значительном поперечном уклоне плотик террасы аллювий может испытывать по нему и самостоятельное передвижение (особенно при развитии вечной мерзлоты) от края террасы к ее склону. При этом передвижении правильность слоения аллювия нарушается, происходит частичное перемешивание металлоносных песков террасовой россыпи с торфами, а последних с коллювием. В результате террасовая россыпь может полностью разубожиться и терраса окажется покрытой коллювиальным материалом, перемешанным с аллювием.

При меньшем уклоне плотик аллювий может совсем не испытывать самостоятельного передвижения, лишь постепенно перекрываясь коллювиальными массивами. При этом характерный профиль террасы может совершенно сгладиться, и она превратится в увал — пологую возвышенность, постепенно спускающуюся к молодой долине или к самому руслу реки. Россыпи, залегающие на подобных сглаженных террасах, в припсковой практике часто называют увальными. Однако этим термином часто обозначают и элювиально-делювиальные россыпи, залегающие на склонах возвышенностей вблизи выхода коренного месторождения. Ввиду такой неопределенности термина употребления его лучше избегать. Развития подобных замаскированных террасовых россыпей можно ожидать в резко асимметричных металлоносных речных долинах на их более пологом склоне.

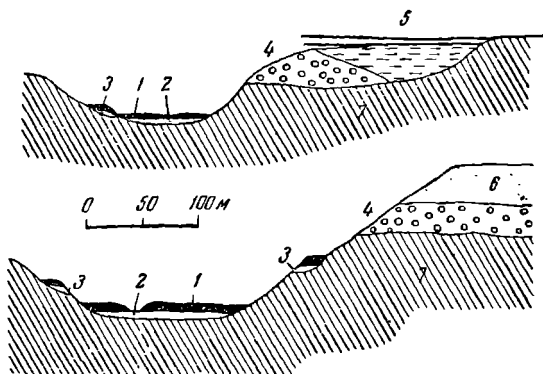
Кроме металлоносных речных террас, располагающихся на склонах долин, иногда встречаются террасы, слагающие вершины возвышенностей. Часто они занимают громадные площади, протягиваясь от одной речной долины до другой. С одной стороны они иногда все же бывают ограничены более значительными высотами. Подобные речные террасы обычно представляют образования очень древней гидрографической сети, иногда совсем иных очертаний, чем современная.

Прекрасным примером подобных очень древних речных террас являются террасы р. Клондайк (Аляска). Золотовосные отложения Клондайк подразделяются на:

- 1) верхние террасовые галечники,
- 2) промежуточные террасовые галечники,
- 3) нижние долинны галечники.

Верхние галечники залегают на высоте от 45 до 90 м над уровнем современных долин. Они в свою очередь подразделяются на белые галечники, покрывающие их желтые галечники и наиболее высокие — галечники р. Клондайк (фиг. 83). Последние имеют мощность 45—53 м. Наиболь-

шую массу золота дали белые галечники и продукты их перемыва. Мощность их изменяется от дециметров до 45 м при ширине от 30 до 800 м. Промежуточные террасовые галечники залегают на небольших обрывах речных террас, расположенных на разных уровнях на склонах современных долин.



Фиг. 83. Поперечный разрез долины р. Бованца в Аляске.

1 — торф; 2 — нижний галечник; 3 — галечная терраса; 4 — белый галечник; 5 — желтый галечник; 6 — галечник высшего уровня; 7 — горные породы.

Нижние галечники залегают на дне современных долин, и хотя общие запасы в них золота были меньше, чем в белых галечниках, но наиболее богатые концентрации его наблюдались именно в них. В последнее время очень древние высокие речные террасы, содержащие россыпи золота, начинают обнаруживаться и у нас в Забайкалье и Приамурье.

§6. Погребенные россыпи

Погребенными россыпями следует называть такие россыпи, которые через некоторое время после своего образования были перекрыты какими-либо более молодыми породами, образование которых не является неразрывно связанным с процессом образования самой россыпи. Таким образом, если россыпь в процессе формирования долины перекрывается слоем торфов, значительно более мощным, чем обычно, ее нельзя считать погребенной, так как накопление торфов представляет собой лишь более позднюю фазу того же самого процесса, что и накопление металлоносных песков. Но если мощность торфов достигает такой же величины лишь в результате погружения страны некоторое время спустя после образования россыпи и связанного с ним накопления наносов, то россыпь следует считать погребенной. Выделение погребенных россыпей на основании лишь абсолютной мощности перекрывающих их пустых образований неправильно и в достаточной мере случайно.

Основными группами пород, которые могут перекрывать россыпи, превращая их в погребенные, являются следующие:

- 1) вулканические образования — пещлы и лавы;
- 2) ледниковые отложения;
- 3) коллювиальные отложения;
- 4) золотые отложения;
- 5) аллювиальные отложения;
- 6) морские и озерные отложения.

Россыпи, погребенные вулканическими образованиями, в пределах Союза пока неизвестны. Они пользуются большим распространением в Калифорнии (США) и в Восточной Австралии.

Погребение россыпи лавовым потоком представляет весьма обычное явление в тех золотоносных районах, где молодая вулканическая деятельность проявлялась в верхнетретичное и особенно четвертичное время. Наиболее обычными породами таких потоков являются базальты, реже более кислые эффузивы. Изливаясь на поверхность, лава стремится занять понижения рельефа и заполняет речные долины, распространяясь вниз по ним иногда на значительное протяжение. Далекому распространению лавовых потоков по долинам способствует то, что базальтовая

лава является весьма жидкой и легко подвижной. При большой мощности потоков и небольших относительных высотах окружающего рельефа базальтовая лава может не только заполнить речные долины но и покрывать своими излияниями значительные площади.

Россыпь остается погребенной лавовым потоком, а река, вытесненная из своей долины, располагается на его поверхности или вдоль его границы с коренными породами прежнего борта долины.

Фиг. 84. Разрезы погребенных россыпей Виктории.

1 — базальт; 2 — аллювий; 3 — россыпь; 4 — коренные породы; 5 — склоны древней долины (смытые); 6 — поверхность базальта.

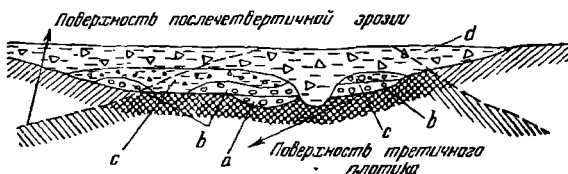
При последующем врезании русла россыпи, прикрытая сверху базальтом, может оказаться даже несколько приподнятой над руслом реки, залегающей на водоразделе между смежными речными долинами. Аллювиальные россыпи золота, погребенные базальтовыми потоками, пользуются большим развитием в Виктории (Восточная Австралия), где они имеют большое промышленное значение (фиг. 84).

Погребение россыпей лавовыми вулканическими выбросами имеет место при проявлениях вулканической деятельности, следующей за породами складчатости и охватывающей обычно громадные территории. Эти вулканические образования чаще всего бывают представлены более кислыми породами — андезитового и липаритового состава. Рыхлые вулканические выбросы постепенно заполняют речные долины, отчасти попадая в них непосредственно, отчасти смытая с окружающих склонов. В дальнейшем подвергаются погребению не только речные долины, но и возвышенности; чем совершеннее пещленизирована местность к началу вулканического периода, тем легче она может быть погребена вулканическими образованиями.

Часто с рыхлыми вулканическими выбросами переслаиваются лавовые потоки, которые сильно затрудняют последующий размыв всей толщи. Подобные вулканогенные толщи часто достигают весьма значительной мощности (сотни метров) и покрывают громадные пространства (десятки тысяч квадратных километров). Речная сеть, устанавливающаяся по окончании вулканического периода, применяется к новому, аккумулятивному рельефу земной поверхности и часто не имеет ничего общего с довулканической речной сетью. Россыпи, погребенные вулканическими образованиями, обычно сохраняются в течение весьма длительного срока,

но в конце концов при последующих поднятиях всей страны они вскрываются углубляющейся речной сетью.

Прекрасным примером подобных погребенных россыпей являются древние россыпи Калифорнии. Здесь коренные золоторудные месторождения, образовавшиеся в конце мезозоя, подвергались в течение мелового и третичного периодов интенсивному разрушению, поведшему к образованию золотых россыпей. Благодаря неоднократным колебаниям базиса эрозии образовалось несколько горизонтов россыпей, залегающих на различных высотных уровнях. В конце третичного периода наступила эпоха интенсивной вулканической деятельности с излияниями лав липаритового состава. Вся речная система вместе с золотоносными россыпями была погребена под мощной толщей вулканогенных пород. По окончании этой эпохи была разработана новая речная сеть, несогласная со старой. Во вновь углубленных речных долинах местами происходила концентрация золота за счет размыва старых россыпей (фиг. 85).



Фиг. 85. Схема последовательного образования третичных галечников Калифорнии (по Липдгрелу).

a — глубокие россыпи (эоцен); b — террасовые россыпи (мюлен); c — липаритовые туфы и древнее русло того времени; d — андезитовые туфы и соответствующее русло.

Возобновившаяся вулканическая деятельность погребла и эти долины под мощными толщами андезитовых туфов. По окончании вулканической деятельности россыпи оставались в течение некоторого времени погребенными, но значительные поднятия страны в начале постплиоцена повели к интенсивному углублению речных долин. Старые россыпи оказались вскрытыми в стенках современных каньонов на высоте от 300 до 1200 м над современными руслами рек и под покровом вулканогенных образований до 300 м мощностью. За счет размыва старых россыпей и возобновившегося разрушения коренных месторождений происходит концентрация золота в современных долинах. Интересно отметить, что в связи с излияниями андезитов в соседних с Калифорнией штатах образовался целый ряд весьма богатых эпitherмальных золоторудных месторождений, которые таким образом являются более молодыми, чем древние россыпи Калифорнии.

Молодые вулканогенные породы пользуются очень большим развитием в восточной части Советского Союза. Мною выделяются здесь следующие периоды молодой вулканической деятельности.

1. Нижний и верхний мел — излияния лав липаритового и андезитового состава, сопровождавшиеся образованием мощных толщ соответствующих им туфов. Связаны с весьма интенсивной в пределах Дальнего Востока верхнеюрской-нижнемеловой верхоянской складчатостью. Соответственно этому мощность вулканогенных пород и их распространение по площади весьма велики.

2. Нижнетретичное время — не очень интенсивная вулканическая деятельность того же характера в связи с довольно слабой в пределах ДВК ларамийской складчатостью (граница верхнего мела и палеогена).

3. Верхнетретичное и четвертичное время — довольно интенсивная, но узко локализованная (главным образом Камчатка) вулканическая деятельность того же характера в связи с альпийской складчатостью.

4. Излияния базальтов в связи с третичными разломами.

5. Излияния базальтов в связи с четвертичными разломами.

Подавляющее большинство золоторудных месторождений Дальнего Востока было образовано значительно ранее первого периода вулканической деятельности и к его началу, а тем более к началу остальных периодов, подвергалось размыту с образованием россыпей. С началом вулканической деятельности эти россыпи были погребены вулканогенными породами. Благодаря последующему размыту последних большинство россыпей было освобождено из своего погребения и, будучи перемыто, дало свой металл в современные аллювиальные россыпи. Но часть россыпей остается вне всякого сомнения погребенной и до сего времени.

Мы знаем базальты Уссурийского края, перекрывающие четвертичные галечники; мы знаем базальты Впитимского плоскогорья, выполняющие речные долины; нам известно громадное развитие молодых вулканогенных пород в Забайкалье, Приамурье, на Охотском побережье, в бассейнах рр. Колымы, Анадыря и др., — но везде эти породы локализируются несколько в стороне от проявлений россыпной золотоносности. Весьма вероятно, что это объясняется именно тем, что в районах их развития золотоносность погребена под ними. Во всяком случае неизвестность у нас до сего времени россыпей, погребенных вулканическими образованиями, следует объяснить не их отсутствием, а лишь недостаточным вниманием, уделявшимся до сего времени этому вопросу¹.

Погребение россыпей ледниковыми и связанными с ними образованиями представляет довольно обычное явление в районах, подвергавшихся оледенению. У нас прекрасным примером в этом отношении может служить Ленский золотоносный район. Процесс погребения россыпей вместе с другими вопросами оледенения будет подробно разработан в гл. XVI.

Погребение россыпей коллювиальными образованиями в небольших размерах представляет довольно обычный процесс. Во всякой зрелой долине происходит накопление коллювиальных масс в бортовых частях, откуда они постепенно расползаются к середине долины. При очень большой продолжительности фазы покоя речная долина может оказаться перекрытой во всю свою ширину слоем коллювия той или иной толщины, причем в средней части долины он обычно невелик. Более значительный эффект может получиться при изменении климатических условий. Если климат становится более сухим, уменьшается многоводность реки и ее транспортирующая сила, и долина реки довольно быстро загромождается коллювиальными массами и конусами выноса. В этих случаях мощность коллювия может достигать нескольких метров. Так, например, в террасовых платиновых россыпях Урала, по Н. К. Висоцкому, нередко встречаются «застыль» — прослой коллювиального щебня мощностью до 4,2 м.

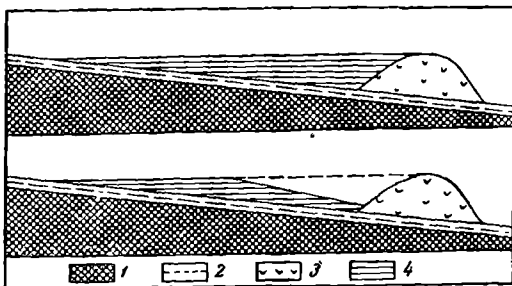
Если климат становится еще более сухим, превращаясь в пустынный или полупустынный, то россыпь, помимо коллювия, может оказаться погребенной также и золовыми песками. Для наших золотоносных районов, обладающих влажным климатом, этот процесс значения не имеет.

Погребение аллювиальных россыпей морскими и озерными осадками также представляет довольно редкий случай. При наступлении моря на сушу последняя обычно подвергается размыту, особенно расположенные на ее поверхности скопления рыхлого обломочного материала. При этом аллювиальная россыпь перебивается, заключенный в ней металл пере-

¹ Позднее, действительно, были установлены россыпи золота и олова, погребенные под базальтами постплиоценового возраста. — *Ред.*

распределяется, и образуется береговая россыпь — морская или озерная. В небольших озерных водоемах, локализующихся в пределах одной речной долины, размыв берегов обычно незначителен. К тому же они часто образуются поверх уже существующей аллювиальной россыпи. Погребение последней происходит не столько собственно озерными отложениями, получающимися от размыва берегов, сколько тем аллювиальным материалом, который выносится в озеро впадающими в него реками и постепенно его выполняет.

Погребение россыпи аллювиальными отложениями представляет весьма обычный случай. Это погребение имеет место всегда, когда в течение фазы покоя происходит повышение базиса эрозии, местное или региональ-



Фиг. 86. Различные случаи погребения россыпи выше подпирающего долину препятствия.

1 — plain; 2 — старый аллювий; 3 — препятствие; 4 — озерный аллювий.

ное, приводящее к накоплению речных отложений. Среди местных причин, вызывающих погребение россыпи, можно указать следующие:

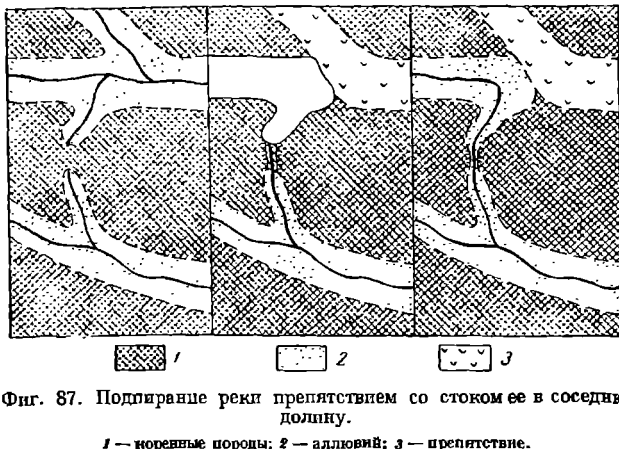
1. Подпирание течения реки каким-либо препятствием — ледником, ледниковой мореной, лавовым потоком, конусами выноса и пр. Если высота препятствия возрастает постепенно и притом не очень быстро (например, нарастание конуса выноса), то накопление аллювия начинается непосредственно выше препятствия и отсюда постепенно распространяется вверх по течению. Мощность накопившихся наносов примерно соответствует высоте препятствия.

Если препятствие возникает быстро, то оно сразу подпруживает реку, которая, будучи лишена стока, заполняет водой свою долину непосредственно выше препятствия, образуя здесь озеро. Уровень озера постепенно повышается и наконец сравнивается с уровнем препятствия, поверх которого озеро и получает сток. Вместе с тем река продолжает выносить аллювиальный материал в верхний конец озера, где он благодаря резкому уменьшению скорости течения почти весь и отлагается. Если озеро существует в течение достаточно длительного срока и приток аллювиального материала в него велик, то оно может постепенно все им заполниться до верхнего уровня препятствия. В этом случае аллювиальная россыпь, расположенная на дне долины выше препятствия, может оказаться погребенной весьма мощной толщей наносов, постепенно уменьшающейся вверх по долине и наконец сходящей нанет (фиг. 86).

Обычно озеро оказывается спущенным ранее, чем оно успеет все заполниться аллювием. Если длина препятствия вдоль по долине невелика, то по другую его сторону река, вытекающая из озера, образует быстрину или водопад, которые, отступая вверх по течению, постепенно проширивают

препятствие и спускают озеро. В этом случае максимальная глубина погребения может оказаться не вблизи препятствия, а несколько выше по долине. Проплыв препятствие, река начнет врезаться в отложившийся в озере аллювий, пока не достигнет примерно своего прежнего уровня. Но в стороне от русла россыпь останется погребенной мощными наносами.

Очень часто уровень какой-либо седловины в водоразделе со смежной речной долиной оказывается ниже уровня препятствия. В этом случае озеро получает сток не поверх препятствия, а в соседнюю долину (фиг. 87). Вытекающий из него поток постепенно проплачивает водораздел, осушая озеро. Вновь образовавшийся (эпигенетический) участок течения является чрезвычайно узким, ущельевидным и часто очень крутым. Этим участком



Фиг. 87. Подпирание реки препятствием со стоком ее в соседнюю долину.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — препятствие.

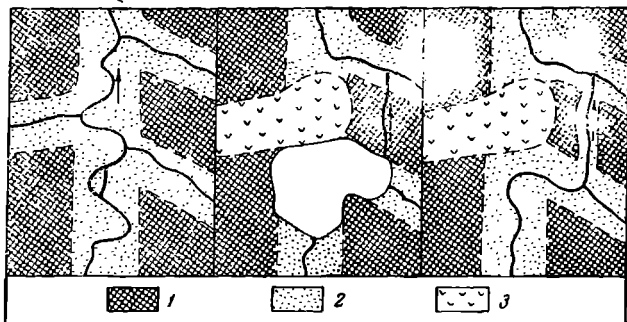
все течение реки выше препятствия присоединяется к соседней речной долине; тем самым может измениться высотное положение его местного базиса эрозии: если уровень соседней долины расположен ниже, чем старой, то река проплачивает не только озерный аллювий, но и свой собственный, и может даже врезаться в плотик россыпи; если уровень соседней долины выше, то даже озерный аллювий не проплачивается рекою до основания.

Аналогичные условия возникают и в том случае, если озеро заполняет не только долину самой реки, но и долины ее притоков. Седловина между двумя притоками, одним — ниже препятствия, другим — выше его, может дать сток озеру с образованием эпигенетического участка (фиг. 88). В этом случае река лишь на некотором участке меняет направление своего течения, частично занимая долины притоков. Так как при этом ее базис эрозии остается прежним, но несколько удлиняется течение, то толща озерного аллювия после стока озера остается непроплавленной рекою до основания.

Совершенно очевидно, что в эпигенетическом участке течения россыпь отсутствует, оставаясь заключенной в старой долине и проходя под препятствием. Но если эпигенетический участок после своего возникновения пережил вместе со всей долиной процесс преобразования в смене эрозионных циклов, то в верхнем его конце может заключаться нормальная аллювиальная россыпь, сместившаяся сюда при преобразовании россыпи старой долины. Участок россыпи, заключенный под препятствием, оторвется в этом случае от остальной ее части и сохранится, как террасовая россыпь.

Если длина препятствия, подпирающего течение, велика (например, донная морена главной долины, подпирающая притоки), то оно проплачивается рекою очень нескоро; озеро полностью выполняется аллювием, и россыпь в течение долгого срока остается погребенной.

2. Уменьшение многоводности рек, вследствие перехвата части ее бассейна смежной речной системой, отзывается на ее транспортирующей способности. Река, обладая малым уклоном, не соответствующим ее многоводности, не справляется с выносом всего обломочного материала, поставляемого в нее притоками, и производит его накопление. Глубина погребения россыпей в этом случае невелика и обычно выражается лишь несколькими метрами.



Фиг. 88. Подпирание реки препятствием со стоком ее через долины притоков.

1 — коренные породы; 2 — аллювий; 3 — препятствие.

Среди причин регионального характера, вызывающих погребение россыпей аллювиальными отложениями, следует отметить:

1. Уменьшение многоводности рек вследствие причин климатического характера.

2. Общее погружение всей горной страны относительно ее базиса эрозии.

3. Дифференциальные тектонические движения с относительными поднятиями одних и опусканиями других участков страны.

При изменении климатических условий в сторону большей сухости, помимо уменьшения общего количества выпадающих осадков, значительно увеличивается коэффициент испарения, вследствие чего количество воды, поступающей в реки, становится минимальным. Как и в предыдущем случае, уменьшается транспортирующая сила их и происходит накопление аллювия. Вместе с тем, большая сухость воздуха усиливает процессы физического выветривания, и долины загромождаются массами коллювиального материала. При длительности сухого периода и связанного с ним накопления обломочного материала глубина погребения россыпей может быть значительна. При обратной смене сухого периода более влажным реки вновь врезают свои русла в отложения сухого периода.

Погребение россыпей в результате общего погружения всей страны является весьма обычным. К тому же результату приводит и повышение уровня моря, но глубина погребения в этом случае значительно меньше. В связи с уменьшением уклона рек более крупный материал начинает задерживаться значительно выше по течению, почему отложения эпохи погружения характеризуются уменьшением крупности обломочного материала. Там, где раньше отлагались галечники, начинает отлагаться мел-

кий гравий или даже песок; отложения гравия сменяются песчаными, песчаные — плыстыми.

Прежде всего повышается уровень самого русла, и река, выходя во время половодья из берегов, заливают все большую ширину долины. Здесь, независимо от крупности материала, отлагающегося в русле, происходит отложение лишь тонкого илистого материала, слой которого нарастает с каждым новым половодьем. Отложение илов происходит непосредственно на растительном покрове, покрывающем поверхность долины. Часто это отложение происходит настолько быстро, что растительность, отмирая, не успевает гнить, и растительный покров оказывается погребенным, знаменуя собою в разрезе долинного аллювия границу нормальных отложений реки с отложениями эпохи погружения.

По мере погружения страны мощность аллювия в речных долинах становится все больше, россыпи погребаются все глубже. Коллювиальные

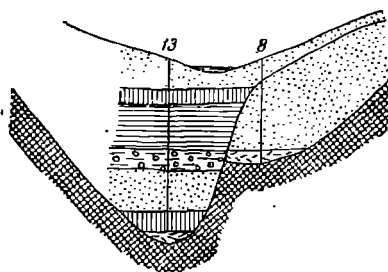
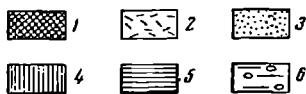
массы, накопившиеся в бортовых частях долин, также подвергаются погребению. Если к началу погружения речные долины были достаточно старыми, то коллювиальные отложения могли покрывать значительную часть их ширины. В этом случае они также будут хорошим маркирующим горизонтом, ограничивая нормальный аллювий долины от аллювия эпохи погружения.

Если по бортам долины сохранились речные террасы, то по мере заполнения долины аллювием высота этих террас будет непрерывно уменьшаться. Сначала может оказаться скрытой накапливающимся аллювием коренная часть склона террасы, потом начнет скрываться террасовый аллювий и, наконец, уровень долины срав-

няется с уровнем террасы. Присутствие последней может быть установлено в этом случае лишь по ее внутреннему строению. Однако подобную террасу еще нельзя называть погребенной, так как она еще не перекрыта отложениями эпохи погружения и продолжает сохранять свою нормальную мощность аллювия. Лишь когда процесс накопления распространится и на поверхность террасы и мощность наносов на ней начнет возрастать, террасу следует называть погребенной, а расположенную на ней россыпь — погребенной террасовой россыпью. Примеры подобных россыпей известны в Лейпском золотоносном районе (фиг. 89).

Если долина ограничена сравнительно невысокими возвышенностями, то мощное накопление в ней аллювия может заметным образом отразиться и на их относительной высоте. Уровень долины может сравняться с уровнем наиболее низких седловин в окружающих ее возвышенностях. Водоразделы со смежными речными долинами постепенно начнут исчезать. Если в смежных долинах процесс накопления несколько отстает и их уровень расположен ниже, то река может бросить свою долину и получить сток в одну из смежных долин.

По мере того как речные долины погребаются аллювием, ширина их становится все больше и больше. С заполнением аллювием седловин смежные долины начинают соединяться между собою, и при дальнейшем накоп-



Фиг. 89. Погребенная террасовая россыпь (Лейпский район).

1 — плотик; 2 — аллювий плотика частью золотоносный; 3 — галечник; 4 — валунная глина; 5 — ила; 6 — ил с валунами.

лении аллювия водоразделы между ними могут прерваться в отдельные острова коренных пород, разобщенные между собою наносами. Близкий к этому случай мы имеем в бассейне р. Бодайбо, где, правда, наносы представлены не только аллювиальными, но и ледниковыми отложениями.

В ледниковую эпоху как долинные, так и террасовые россыпи, по В. А. Обручеву, были погребены мощным слоем ледниковых отложений, представленных преимущественно валунными глинами. В межледниковую эпоху эти отложения не были размыты, что указывает на то, что район в это время испытывал не поднятие, а погружение. Благодаря ему ледниковые отложения были перекрыты толщей межледниковых илов и галечников, часто достигающих мощности в несколько десятков метров. Во вторую ледниковую эпоху межледниковый аллювий был в свою очередь перекрыт толщей верхней валунной глины. Общая мощность наносов, под которыми оказались погребены россыпи, достигала от 100 до 200 м. Лишь в последнюю ледниковую эпоху в связи с поднятиями страны реки вновь начали углублять свои долины и местами уже прорезали значительную часть старых наносов. Поэтому древние россыпи залегают чаще всего на глубине нескольких десятков метров под современными рослами.

Глубокое погребение речных долин и отчасти водоразделов между ними создает для рек чрезвычайно широкие возможности в отношении перемещений своего русла. На том или ином участке своего течения реки могут совершенно покидать свою долину, перемещаясь в одну из смежных долин и становясь притоком другой реки или, наоборот, присоединяя ее к себе. В то же время покинутая ими долина может быть занята третьей рекой. В восточной части Ленского района известен случай, когда две речки — Соктольжия и Котулак — текут на некотором протяжении в пределах одной долины, но в прямо противоположных направлениях (фиг. 90). В итоге погребения каждая долина в значительной мере теряет свою индивидуальность, что может повести к полному перераспределению гидрографической сети.

При дальнейшем погружении страны водоразделы могут оказаться совершенно скрытыми под наносами при условии, что речная сеть имеет более удаленные источники питания обломочным материалом, где погружение страны сказалось не столь сильно. В этом случае страна с горным или до некоторой степени пенеппенизированным рельефом может превратиться в типичную аккумулятивную равнину. Как небольшая деталь процесса при этом возможно местное возникновение озер, которые также будут постепенно заполняться аллювиальным материалом. Большую помощь в деле изучения погребенного рельефа для направления разведочных работ на подобные погребенные россыпи должны оказать геофизические методы разведки.

Дифференциальные тектонические движения участков горной страны чрезвычайно интересны, с одной стороны, в геоморфологическом отношении, с другой стороны, в отношении того воздействия, которое они оказывают на аллювиальные россыпи. Они заключаются в том, что одни участки страны испытывают погружение, другие — поднятие, наконец, третьи не меняют своего высотного положения относительно уровня моря. Обычно эти участки бывают вытянуты в одном направлении, параллельно общей вытянутости тектонических линий страны. Поднятия и опуска-



Фиг. 90. Встречное течение рр. Соктольжия и Котулак в пределах одной долины.

1 — коренные породы; 2 — наносы.

ния могут происходить как с образованием разрывов — в форме горстов и грабен, так и без разрывов — в форме вздутий и прогибов. Повидимому, обе формы связаны непрерывным рядом переходов. В продольном профиле горсты и грабены обычно представляют вздутия и прогибы.

Для судьбы аллювиальных россыпей, расположенных в подобных участках, имеют значение не столько абсолютные перемещения отдельных участков, сколько их относительные поднятия и опускания. Участки поднятия являются вместе с тем участками усиленного размыва, участки опускания — участками усиленной аккумуляции. Рек, стремясь сохранить свой уклон, выравнивают все те неровности в их продольном профиле, которые создаются тектоническими движениями. Участки поднятия переживают свой местный новый эрозивный цикл: речные долины в них углубляются, потом подвергаются расширению и заполняются аллювием. Формирование их заканчивается тогда, когда прекращаются тектонические движения. Если последние длятся очень долго, то и речные долины все это время сохраняют свой ущельевидный характер.

В участках погружения, наоборот, происходит усиленное накопление аллювия. Течение процесса в общем почти ничем не отличается от погребения россыпей при региональном погружении страны. Сначала погребаются долинные россыпи, потом террасовые и наконец начинается погребение наиболее низких возвышенностей. Постепенно среди окружающего гористого рельефа участков поднятия формируется равнинный рельеф участков погружения. Подобные равнинного характера участки погружения пользуются очень большим развитием в северо-восточном Прибайкалье. Местами формирование подобных равнинных участков происходило не только путем непосредственного накопления речного аллювия, но и путем образования озер с последующим их заполнением аллювием.

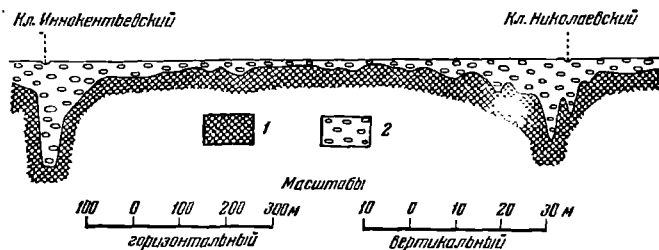
Глубина погребения россыпей в участках погружения зависит от их прежнего (до погружения) высотного положения и характера погружения. В типичном грабене она сравнительно постоянна в поперечном сечении грабена и очень постепенно изменяется в его продольном сечении. В прогибе она плавно изменяется от краев прогиба к его середине как в продольном, так и в поперечном профиле. В тектонических долинах Прибайкалья мощность аллювиальных отложений весьма велика.

Весьма интересные условия существования аллювиальных россыпей возникают на границе участков поднятия и погружения или, вернее, участков размыва и аккумуляции, если первые расположены выше вторых по течению. По одну сторону от границы россыпи подвергаются погребению, по другую — размыву. Вблизи самой границы они сохраняются без сколько-нибудь существенных изменений. Россыпи, размываемые в процессе преобразования долин, постепенно перемещаются вниз по течению и, достигая границы участка аккумуляции, здесь накапливаются. Так как накопление здесь идет довольно интенсивно и в течение длительного срока, в результате могут возникнуть очень мощные, но не очень богатые по содержанию металла аллювиальные россыпи.

Граница размыва и аккумуляции может в процессе накопления неоднократно перемещаться в одну и другую сторону, а самое русло обычно испытывает весьма значительные боковые перемещения. Поэтому россыпи, приуроченные к этой границе, могут состоять из нескольких самостоятельных металлоносных струй, расположенных на различных уровнях и в различных местах по ширине долины. В процессе дальнейшего накопления аллювия все эти струи могут оказаться глубоко погребенными. Нахождение подобного рода аллювиальных россыпей можно ожидать в пределах северо-восточного Прибайкалья.

В действительности процессы размыва и накопления при дифференциальных тектонических движениях протекают значительно сложнее,

сопровождаясь целым рядом самых разнообразных деталей. Так, например, если амплитуда поднятия возрастает вниз по течению, то уклон реки уменьшается, и в пределах участка поднятия может происходить накопление аллювия, пока сюда не распространится врезание русла, идущее ниже по течению. Точно так же, если амплитуда погружения возрастает вниз по течению, то в пределах участка погружения может иметь место временный размыв, сменяющийся в дальнейшем усиленной аккумуляцией. Если эрозионная и аккумулятивная способность реки достаточно велика, то она сглаживает неровности своего продольного профиля по мере их возникновения. В противном случае отдельные участки течения реки могут оказаться подпертыми с образованием озер, которые в дальнейшем получают сток в том или ином направлении, иногда несогласном с предшествовавшим направлением течения реки. Несмотря на все подобного рода детали, основной процесс при дифференциальных тектониче-



Фиг. 91. Профиль шурфовочной линии через долины ключей Иннокентьевского и Николаевского (по В. А. Обручеву).

1 — плотина; 2 — впадина.

ских движениях заключается в размыве аллювиальных россыпей в пределах участков поднятия и в их погребении в пределах участков погружения.

Несколько неясным представляется вопрос о возможности погребения русловых россыпей. Последние пользуются развитием в пределах зоны углубления долин и непосредственно ниже нее по течению, где русло еще ограничено коренными берегами. Для возможности погребения русловых россыпей необходимо, чтобы процесс погребения начался раньше, чем русловая россыпь будет преобразована в долинную, и шел с большей скоростью, чем процесс этого преобразования. Скорость расширения долины зависит в значительной мере от многоводности реки и твердости пород; скорость накопления аллювия при погружении страны в значительно меньшей степени зависит от многоводности и совершенно не зависит от твердости подстилающих коренных пород. Поэтому необходимые условия можно скорее ожидать встретить среди твердых пород и в маловодных потоках, там, где погружение страны наступило вскоре после ее поднятия, когда углубление речной сети еще не успело распространиться до ее верховьев. Теоретически возможно встретить в погребенном состоянии и крутые участки течения, выше которых к началу их погребения глубинная эрозия не успела распространиться.

В геологической литературе не встречается указаний на то, чтобы где-либо при эксплуатационных работах были встречены подобного рода погребенные русловые россыпи. Однако в разведочных данных местах встречаются указания на возможность нахождения погребенных каньонов, а вместе с тем и погребенных русловых россыпей. Так, например, в Ленском золотоносном районе при разведке ключей Иннокентьевского и

Николаевского были встречены весьма глубокие и узкие, приближающиеся к каньонам, погребенные долины (фиг. 91). В Аллах-Юнском районе в бассейне кл. Тельгинджа при разведке 1934—1935 г. обычная глубина шурфов была 5—6 м. Но в каждой шурфовочной линии в средней части долины встречалось по одному шурфу до 12—13 м глубины. Так как шурфы располагались через 10 и 20 м один от другого и это явление прослеживалось по всей длине ключа, можно предполагать, что мы имеем здесь дело с погребенной каньонообразной долиной.

Благоприятные условия для погребения русловых россыпей, повидимому, могут создаваться при дифференциальных тектонических движениях вблизи границы участков размыва и аккумуляции. Благодаря быстрому перемещению этой границы могут подвергнуться погребению только что углубленные долины подвигающегося участка с заключенными в них русловыми россыпями. Само тектоническое движение подобного рода слишком мало изучено, чтобы можно было уверенно говорить о возможности такого погребения россыпей.

Каков бы ни был характер погребенной россыпи, самый факт погребения ее мощной толщей аллювия может значительно затруднить ее размыв при последующем преобразовании долины. Но так как любая горная страна является областью преобладающего поднятия и вместе с тем областью преобладающей деструкции, такой размыв в конце концов наступает. Как промежуточная стадия при этом возможно возникновение сложных россыпей.

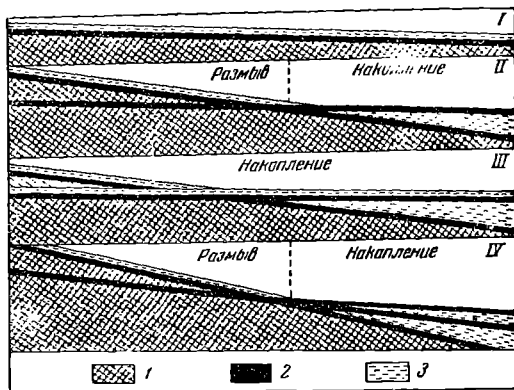
7. Сложные россыпи

Сложными россыпями называются такие россыпи, которые содержат два или несколько горизонтов металлоносных песков, расположенных на различных высотных уровнях и разделенных горизонтами пустого, не содержащего металла, аллювия. Иногда в процессе образования обычной долинной россыпи, как мы знаем, металлоносный пласт может оказаться разделенным на отдельные пропластки тонкими слоями пустого аллювия. При возникновении в россыпи побочных металлоносных струй вследствие бокового размыва каких-либо металлоносных образований эти струи могут также располагаться на более высоком уровне, чем главный пласт россыпи, будучи отделены от него пустым аллювием. Однако подобные россыпи нельзя называть сложными, так как все такие металлоносные пропластки представляют лишь деталь в распределении металлоносных песков россыпи, и, конечно, не могут претендовать на значение самостоятельных горизонтов металлоносного аллювия. Все они образованы одним и тем же процессом и примерно в одно время.

При дифференциальных тектонических движениях возможно образование сложных россыпей вблизи границы участков размыва и аккумуляции при неоднократных ее перемещениях. Пусть аллювиальная россыпь расположена так, что ее верхний конец находится в участке размыва, нижний — в участке аккумуляции (фиг. 92). По мере размыва металл верхней части россыпи будет постепенно смещаться вниз по течению, накапливаясь в виде верхнего металлоносного пласта на торфах нижней части россыпи. При отступании границы размыва и аккумуляции вверх по течению размыв россыпи прекратится, а второй металлоносный пласт покроется торфами. При новом передвижении этой границы вниз по течению размыв верхней части россыпи возобновится, а внизу будет происходить накопление третьего металлоносного пласта поверх второго слоя торфов. Если в течение всего этого периода русло реки не испытывает значительных боковых перемещений, то последовательные горизонты металлоносных песков располагаются примерно один над другим. При значительных боковых перемещениях русла они располагаются в стороне друг от друга.

Таким образом попеременное отложение металлоносных песков и торфов обусловлено чередованием процессов размыва и накопления. Периодам размыва соответствует отложение песков, которое происходит как раз там, где размыв сменяется аккумуляцией; периодам накопления соответствует отложение торфов. В данном случае чередование размыва и аккумуляции обусловлено периодическими перемещениями границы того и другого процесса вверх и вниз по течению реки. Этот случай образования сложных россыпей является довольно специальным.

Гораздо более общим и широко распространенным случаем является региональная смена периодов размыва и аккумуляции. Предположим, страна испытывает погружение, или климат ее становится более сухим, или вообще имеются иные причины, вызывающие мощное накопление



Фиг. 92. Схема образования сложной россыпи на границе участков размыва и аккумуляции.

1 — плотик; 2 — песок; 3 — торф.

наносов и погребение аллювиальных россыпей. В течение этого процесса вряд ли возможно накопление металлоносного пласта, так как, с одной стороны, транспортирующая сила реки слишком недостаточна, чтобы перемещать металл на сколько-нибудь заметное расстояние; с другой стороны, и сами источники питания металлом — выносы распадков, коллювиальные массы и металлоносные террасы — рекою не столько размываются, сколько погребаются. Если случайно некоторое количество металла и попадает в русло реки, то оно здесь же вскоре и погребается, не испытывая переноса и концентрации в металлоносном пласте.

По окончании периода аккумуляции россыпи остаются погребенными в течение неопределенного срока. В это время процессы деструкции приводят к накоплению металлоносных масс коллювия и выносов распадков. В зависимости от длительности периода деструкции может оказаться подготовленным к поступлению в россыпь то или иное количество металла. С началом нового эрозионного цикла реки врезают свои русла в толщу наносов периода аккумуляции; все накопления металлоносного обломочного материала, доступные боковым перемещениям русла, подвергаются перемыву с образованием новой аллювиальной россыпи по обычной схеме. При этом мыслимы четыре случая.

1. Глубина врезания больше общей мощности наносов в долине. Подвергается размыву и погребенная аллювиальная россыпь с разделением ее на русловую и террасовую. Русло врежется в коренные породы.

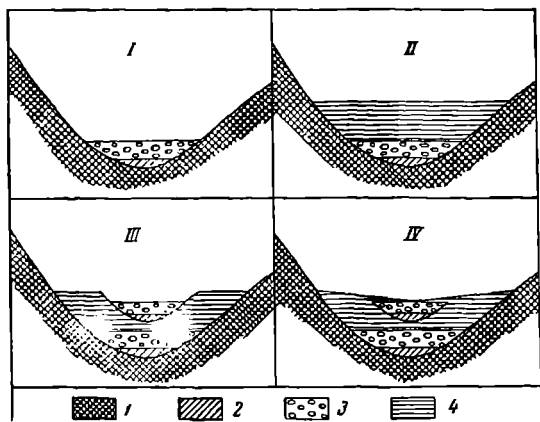
Процесс преобразования россыпи принципиально ничем не разнится от обычного ее преобразования в начале нового эрозионного цикла.

2. Глубина врезания примерно равна общей мощности наносов в долине. Размыв достигает плотика погребенной россыпи, но врезания русла в коренные породы не происходит. Старая россыпь подвергается перемишу, пополняясь новыми количествами металла. Неразмывшие части старой россыпи расположены примерно на одном уровне с перемитой россыпью, соприкасаясь с ней вплотную.

3. Глубина врезания примерно равна мощности пустых наносов, перекрывающих погребенный металлоносный пласт. Размыв достигает лишь

верхней поверхности пласта, не распространяясь на него. Новый металлоносный пласт нарастает поверх старого, увеличивая его мощность. Разделение обоих обычно невозможно.

4. Глубина врезания меньше мощности пустых наносов, перекрывающих погребенный металлоносный пласт, которого размыв не достигает. Возникает сложная россыпь: новый металлоносный пласт образуется на некоторой высоте над



Фиг. 93. Обычная схема образования сложной россыпи
1 — глина; 2 — песок; 3 — торф; 4 — отложения эпохи погружения.

старым, отделяясь от него горизонтом пустого аллювия (фиг. 93).

Все эти четыре случая не разграничены резко один от другого, но непрерывно друг в друга переходят. В зависимости от колебаний высотного положения плотика, мощности старого металлоносного пласта и глубины размыва, в одних участках россыпи мы можем иметь один случай, в других участках — другой.

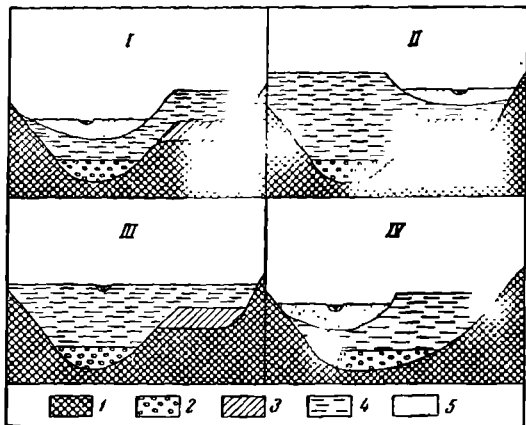
Поверхность долины, сложенная аллювием эпохи погружения, сохраняется в течение некоторого времени над врезанной в нее молодой долиной в виде террас. Благодаря обычно легкому оплыванию и осыпанию аллювия на поверхность молодой долины эти террасы довольно скоро сглаживаются, превращаясь в пологие увалы, весьма постепенно повышающиеся от прирусловой части долины к ее коренным бортам. Подобный поперечный профиль речных долин весьма характерен для Ленского золотосносного района.

Иногда делают попытки ставить в какую-то связь эти поверхностные террасы с погребенными террасами долины и расположенными на них погребенными террасовыми россыпями. Из самого процесса образования тех и других террас явствует, что ни в какой непосредственной связи друг с другом они находиться не могут и их взаимное расположение может быть самым разнообразным (фиг. 94). Если случайно положение погребенной террасы соответствует положению поверхностной (фиг. 94, IV), это еще не значит, что они находятся в какой-то непосредственной связи друг с другом.

После образования сложной россыпи вновь может наступить эпоха погружения и усиленной аккумуляции аллювия. Оба горизонта металло-

носных песков окажутся погребенными. В начале следующего эрозийного цикла может совершенно таким же порядком образоваться третий металлоносный пласт. Таким образом, для возникновения сложных россыпей необходима периодическая смена эпох погружения и аккумуляции эпохам поднятия и размыва. При этом глубина каждого последующего размыва должна быть меньше, чем мощность накопившегося в предшествующую эпоху погружения пустого аллювия. Из этого видно, что тектонические условия, необходимые для образования сложных россыпей, несколько разнятся от условий образования обычных долинных и террасовых россыпей.

Схему образования тех и других россыпей можно изобразить графически следующим образом (фиг. 95): на оси абсцисс будем откладывать время, на оси ординат — высотное положение русла реки относительно некоторой постоянной точки рельефа (но не относительно уровня моря). Тогда изменение высотного положения русла по времени при образовании долинных и террасовых



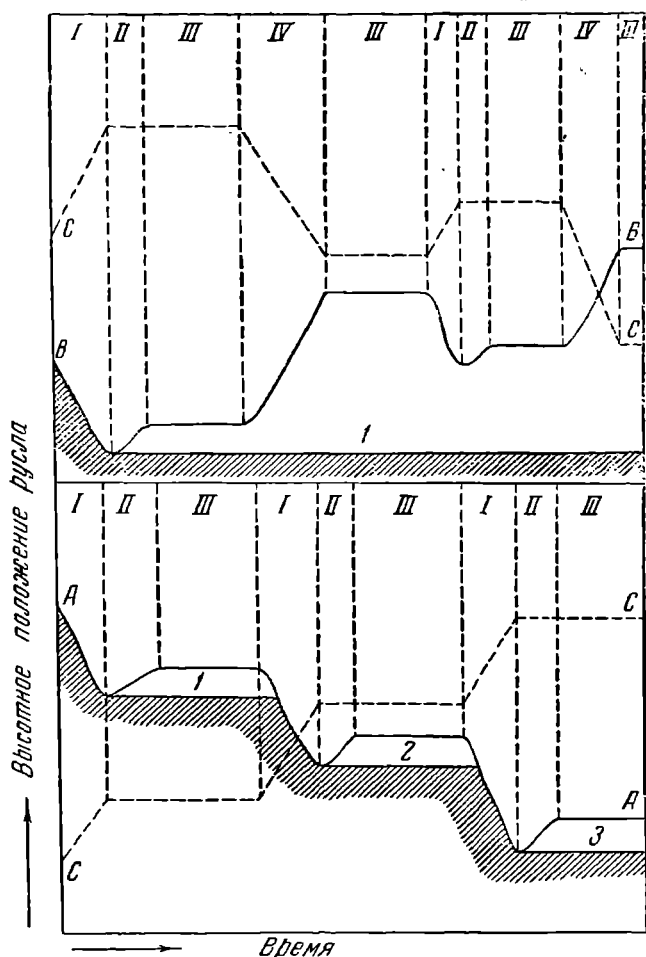
Фиг. 94. Различные случаи соотношения погребенных террас с террасами поверхности

1 — коренные породы; 2 — погребенный долинный аллювий; 3 — погребенный террасовый аллювий; 4 — аллювий эпохи погружения; 5 — молодой долинный аллювий.

россыпей выразится кривой *AA*, а при образовании сложных россыпей кривой *BB*. Для некоторых частных случаев обе эти кривые могут в деталях несколько видоизменяться. Следует отметить, что кривые тектонических движений страны (*CC*) имеют как-раз обратный вид, за исключением небольших деталей; так, например, повышение уровня русла в фазу накопления наносов не обусловлено непосредственно ходом тектонической кривой. Кривые тектонических движений нанесены на график условно, так как моменты времени для них и для кривых уровня русла, конечно, не совпадают и тем больше, чем дальше от базиса эрозии. Положение кривых *CC* по отношению к кривым *AA* и *BB* показывает не их соотношение во времени, а лишь генетическую зависимость.

При образовании сложных россыпей главная масса металла остается заключенной в погребенной россыпи, не принимая участия в формировании верхних металлоносных пластов. Запас металла в погребенной россыпи накопился в течение целого ряда последовательных эрозийных циклов и потому обычно он во много раз превышает не только запас каждого из верхних пластов в отдельности, но и всех их, вместе взятых. Иногда высказывается взгляд, что в сложной россыпи богатство отдельных металлоносных пластов металлом должно возрастать с глубиной. Этот взгляд является недостаточно обоснованным. Несомненно, что наиболее глубокий пласт, лежащий непосредственно на поверхности коренных пород, является наиболее богатым по запасам металла. Что касается более верхних металлоносных пластов, то богатство их металлом зависит отнюдь не от глубины расположения, но от длительности предшествовавшего их образованию периода выветривания, количества и богатства накопившегося при этом

металлоносного обломочного материала и полноты его перемива при образовании россыпи. Если в одних золотоносных районах запас металла в отдельных пластах возрастает с глубиной, то в других могут наблюдаться



Фиг. 95. График образования долинных и террасовых россыпей (А — А) и сложных россыпей (В — В).

1, 2, 3 — положение плотика; I — фаза углубления; II — фаза накопления наносов; III — фаза покоя; IV — фаза погружения; С — С — кривые тектонических движений.

как-раз обратные соотношения за исключением, конечно, основного пласта россыпи. Что касается среднего содержания металла в отдельных пластах, то с глубиной оно точно так же может изменяться в любом направлении.

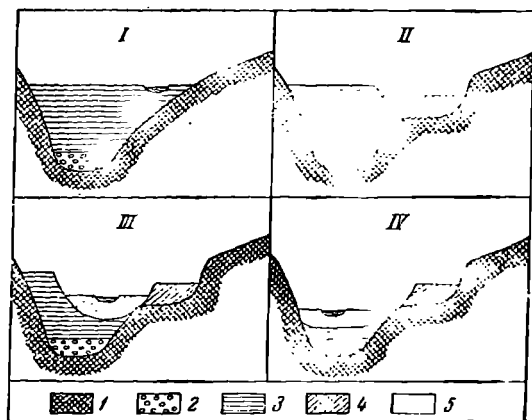
Прекрасным примером сложных россыпей могут служить некоторые россыпи Ленского района. Наиболее древние россыпи — террасовые различных уровней и долинные — являются здесь доледниковыми (по В. А. Обручеву). В ледниковую эпоху они были погребены толщей валунных глин. Межледниковый размыв привел местами к образованию над

валунными глинами второго золотоносного пласта, гораздо более бедного, чем доледниковый, но во многих случаях все-таки с промышленным содержанием металла. Этот пласт при последующем погружении страны был погребен толщами межледниковых отложений и валунами глинами второго оледенения. Последнеледниковый размыв прорезал первую валунную глину и, углубившись до межледниковых отложений, образовал третий, современный металлоносный пласт, залегающий очень неглубоко и еще более бедный, чем межледниковый. И межледниковые и послеледниковые россыпи значительно менее постоянны, чем доледниковые, и встречаются далеко не повсеместно.

Так как в периоды аккумуляции и чередующиеся с ними периоды размыва русло реки испытывает весьма интенсивные боковые перемещения, разновозрастные металлоносные пласты в своей форме и расположении по ширине долины друг с другом совершенно не связаны. Они могут обладать совершенно различной длиной и шириной, располагаться в разных частях долины и идти в различных направлениях, даже неоднократно скрещиваясь друг с другом под различными углами, в общем ведут себя, как совершенно самостоятельные россыпи.

Интенсивность боковых перемещений русла реки в процессе и по окончании погребения долины часто вызывает при последующем врезании его весьма оригинальные явления, разобраться в которых не всегда бывает легко. По окончании погребения долины уровень коренных пород может быть расположен на самой различной глубине под руслом реки в зависимости от того, расположено ли русло как-раз над тальвегом прежней долины или далеко в стороне от него, над коренным ее бортом. Там, где коренные породы расположены неглубоко под руслом, последнее в начале следующего эрозийного цикла может в них врезаться, и верхний металлоносный пласт окажется расположенным здесь непосредственно на террасообразном уступе коренных пород (фиг. 96, II). Таким образом, по отношению к погребенной россыпи верхний пласт будет здесь морфологически играть роль террасовой россыпи, не являясь таковой генетически. Морфологическое сходство будет еще значительно усилено, если в следующий эрозийный цикл русло врежется еще глубже, не достигнув, однако, уровня погребенной россыпи. При этом аллювий эпохи погружения может либо сохраниться в виде террасы (III), либо оказаться полностью перекрытым аллювием самой молодой долины (IV).

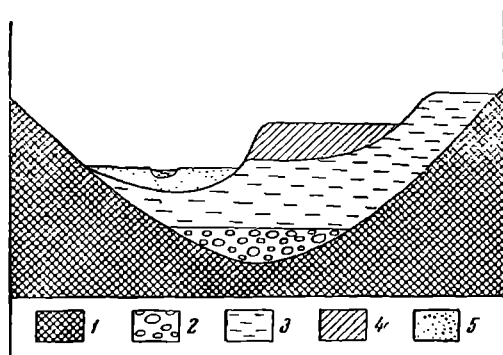
В последнем случае разобраться в возрастных соотношениях различных горизонтов аллювия и, в частности, металлоносных песков может оказаться весьма затруднительным. Самый верхний металлоносный пласт будет являться типичной террасовой россыпью по отношению к молодой



Фиг. 96. Схема образования псевдотеррасовой россыпи.

1 — коренные породы; 2 — древний аллювий; 3 — аллювий эпохи погружения; 4 — молодой террасовый аллювий; 5 — молодой долинный аллювий.

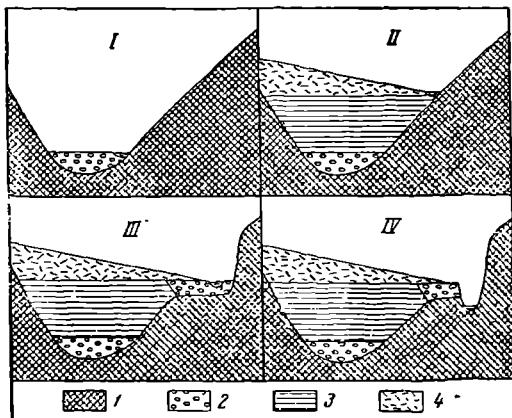
долинной россыпи и псевдотеррасовой — по отношению к погребенной россыпи, будучи моложе ее. Возрастные соотношения различных металлоносных пластов могут быть точно установлены лишь в том случае, если выше или ниже этого участка верхний металлоносный пласт залегает хотя бы частично не на коренных породах, а на аллювии эпохи погружения (фиг. 97), или если имеются какие-либо иные критерии для установления относительного возраста этих россыпей (степень или характер выветривания гальки и плотика, органические остатки и т. д.).



Фиг. 97. Образование террасы в сложной россыпи. Обозначения см. фиг. 96.

долины мы имеем в вершине кл. Кузьмич (фиг. 98). Повидимому, в последнюю ледниковую эпоху долина ключа была подпружена с образованием озера, которое было вскоре заполнено толщей совершенно слоистых влов свыше 30 м мощностью. Под этими влами оказался погребенным прежний аллювий ключа.

Русло ключа, поднятое более чем на 30 м, постепенно отсвсвалось к правому коренному борту долины сползавшими с левого борта древними ледниковыми отложениями. Несколько углубившись, русло разрабатало себе в коренных породах правого борта небольшую долинку и заполнило ее аллювием. Так как ниже по течению продольный профиль ключа не уравнивается, ключ сейчас врезается в коренные породы, но вследствие своей маловодности весьма медленно. Будучи отделен от погребенного аллювия стенкой коренных пород, постепенно утолщающейся книзу, ключ при своем врезании вряд ли когда-нибудь вскрыет этот аллювий. Современное русло ключа является слабо золотоносным, содержит местные концентрации металла в щетках глинистых сланцев. Эти щетки иногда разрабатываются служащими конторы в выходные дни. Золотоносность погребенного аллювия пока не выяснена, так как шурфы, оказавшиеся неожиданно глубокими, не добыты до плотика.



Фиг. 98. Схема развития долины ключа Кузьмич.

1 — коренные породы; 2 — древний аллювий; 3 — оверные ила; 4 — коллювий.

В Ленском районе известны случаи еще более глубокого врезания рек в коренные породы прежнего борта долины. Так, например, р. Бодайбо выше устья рч. Илтигрь врезана в коренные породы правого борта на протяжении свыше 500 м и на глубину 70—80 м, образуя так называемые «нижние щелки». Прежняя, погребенная долина р. Бодайбо проходит левее, отделяясь от современного русла реки массивом коренных пород. Менее значительные участки коренных пород известны вдоль современного русла р. Бодайбо и в других местах.

Обычно подобные участки течения реки, зажатые в коренные породы, также называют «эпигенетическими», что не вполне правильно. Как мы видели выше, собственно эпигенетическими называются такие участки долины реки, которые образовались позднее и иным способом, чем участки, лежащие выше и ниже их по течению. Эти участки не претерпели процесса нормального накопления аллювия, который в них моложе и менее мощный, чем в остальной части долины; аллювиальная россыпь долины не может продолжаться в эпигенетический участок. Участки коренных пород вдоль русла р. Бодайбо имеют совершенно иной характер. Если рассматривать не погребенную, но только современную долину р. Бодайбо, то по отношению к ней эти участки ни в какой мере не являются эпигенетическими, так как они образовались одновременно с нею и тем же способом — врезанием русла в фазу углубления долины последледникового эрозионного цикла. Вся разница лишь в твердости подстилающих пород — в одних участках русло врезалось в рыхлые ледниковые и межледниковые отложения, в других — в коренные породы. В последних участках долина реки, вполне естественно, расширяется значительно медленнее, создавая довольно резкое, но чисто морфологическое отличие от других участков долины при общем генезисе.

Аллювий участков коренных пород одновозрастен с аллювием остальной долины и представляет его непосредственное продолжение. Аллювиальная россыпь современной долины (верхний металлоносный пласт) может продолжаться и в участки коренных пород без всяких существенных изменений. По отношению к погребенной россыпи и погребенной долине эти участки, конечно, являются эпигенетическими, но таковой по существу является и вся современная долина реки. Даже будучи проработана в рыхлых наносах, погребаящих прежнюю долину, она может располагаться не над ее тальвегом, а над прежним коренным бортом, в рано или поздно будет в него врезана. Вся разница лишь в том, что участки, проработанные в наносах, располагаются внутри пространственных контуров прежней долины, а участки, проработанные в коренных породах, — вне этих контуров. Во всяком случае, эпигенетичность и сингенетичность отдельных участков долины надлежит относить к современной долине реки, а не к той долине, которую река имела когда-то.

Те участки течения, которые при углублении русла в наносы погребенной долины оказались проработанными в коренных породах, самое логичное было бы не называть эпигенетическими. Но если даже сохранять за ними это название, безусловно следует различать эпигенетические участки 1-го рода, являющиеся таковыми по отношению к современной долине, и эпигенетические участки 2-го рода, являющиеся сингенетическими по отношению к современной долине, но лишь проработанные вне пространственных контуров погребенной долины.

Как уже упоминалось выше, в процессе погребения долины река может оставить свою долину и направить свои воды через погребенную седловину в одну из смежных долин. В начале следующего эрозионного цикла русло реки врежется прежде всего в коренные породы в месте расположения этой седловины, образовав здесь эпигенетический участок 2-го рода,

соединяющий две различные погребенные долины. Подобные случаи известны в восточной части Ленского золотоносного района.

Если врезание русла сопровождается образованием аллювиальной россыпи, то последняя, являясь в пределах старой долины лишь верхним металлоносным пластом сложной россыпи, может через участок коренных пород перейти своим нижним концом в смежную долину, которая ранее, может быть, и не являлась металлоносной. Те особенности в строении и расположении аллювиальных россыпей, которые возникают при глубоком погребении прежней долины и последующем пропиливании рекою накопившихся наносов, могут быть чрезвычайно разнообразны. Но разобраться в них на практике не представляет большого труда, если достаточно четко представлять себе как процесс погребения, так и процесс последующего периподического углубления русла реки с образованием промежуточных металлоносных пластов.

8. Косовые россыпи

Все рассмотренные выше типы аллювиальных россыпей содержат обычный, пластовый металл. Наиболее мелкие частицы металла (косовой металл) в процессе преобразования аллювиальной россыпи, как мы видели, являются значительно более подвижными и уносятся далеко вниз по течению. Так как фракции промежуточной крупности между пластовым и косовым металлом не характерны, то вполне естественно, что косовой металл образует самостоятельные россыпи, пространственно отделенные от основных россыпей и располагающиеся ниже по течению. Разделение того и другого металла обычно происходит неполно, и всякая россыпь наряду с пластовым металлом содержит то или иное количество косового.

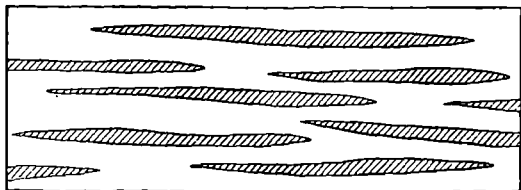
Часто совершенно неправильно называют косовыми россыпями участки русловых россыпей, расположенные на косах и отмелях — береговых или срединных, хотя бы они и содержали пластовый металл. Подобные россыпи в процессе своего развития превращаются в обычные долинные россыпи и ничего общего с россыпями косового металла не имеют. Говоря в дальнейшем о косовых россыпях, мы будем понимать под ними лишь россыпи косового металла.

Косовые россыпи слишком недостаточно изучены, почему многие вопросы их геологии представляются до сего времени не вполне ясными. Одной из весьма характерных их особенностей, помимо характера металла, является то, что металл в них содержится не на глубине, а преимущественно в верхних частях песчано-галечных наносов. Такое расположение металла вызвано самим характером его переноса. В то время как пластовой металл, перемещаясь в толще донных наносов, естественно, стремится осесть на самый низ активного слоя, косовой металл, перемещаясь во взвешенном состоянии, т. е. выше донных наносов, при спаде половодья падает лишь в самые верхние их части.

Накопление косового металла при спаде высокой воды происходит преимущественно там, где скорее всего уменьшается скорость течения, т. е. вдоль выпуклых берегов и на песчано-галечных островах, косах и отмелях. Так как перемещение косового металла часто бывает связано с возникающими в русле реки завихрениями, металл распределяется далеко не равномерно, но скапливается в определенных пятнах на поверхности кос, соответствующих тем местам, где ослабевает сила завихрений и они осаждают несомый ими металл. Каждое такое пятно или гнездо образуется не от одного какого-либо случайного завихрения, но от громадного количества последовательных завихрений, возникающих неизменно в одних и тех же местах, благодаря неровностям русла и берегов. Иногда

завихрение, встретив на своем пути какое-либо препятствие, неожиданно ослабевает или прекращается, осаждая весь несомый им металл.

Когда сила течения становится недостаточной для поддержания косо-вого металла во взвешенном состоянии, происходит его постепенное перераспределение в уже образовавшихся на поверхности косы пятнах. Это перераспределение заключается отчасти в перемещении вниз по течению частиц самого металла путем перекачивания (опрокидывания) отдельных его чешуек сплошного течения, но главным образом в смывании мелких песчаных частиц. Это смывание приводит к тому, что верхняя по течению (головная) часть пятна постепенно обогащается металлом и другими тяжелыми минералами с уменьшением мощности металлоносного слоя. Нижняя (хвостовая) часть пятна постепенно заносится песком. Обогащенная часть пятна может или сохраниться на поверхности косы, выделяясь своим более темным цветом, или в свою очередь быть занесенной более легким песком.



Фиг. 99. Схема расположения металлоносных линзочек в косовых россыпях.

П. К. Яворовский описывает явление, наблюдавшееся им на р. Зее: «На самом гребне косы, сложенной из относительно довольно крупного песка и имеющей от гребня пологое падение в обе стороны, отложился тонкий сплошной слой черного шлиха, состоящего из одномерных и по объему меньших, нежели кварцевые песчинки, зерен магнетита, а поверхность этого слоя при близком рассмотрении оказалась покрытой довольно многочисленными ярко блестящими тонкими золотыми пластинками. Песок и шлик были сильно влажны; очевидно, что вода только что скатилась с них».

Смывание более легких песчаных частиц при спаде высокой воды приводит к тому, что головные части отдельных пятен и целых кос обычно бывают значительно обогащены металлом по сравнению с их хвостовыми частями. Так как в течение целого ряда последовательных половодий форма русла и берегов остается сравнительно постоянной, подвергаясь лишь постепенным изменениям, возникновение и исчезновение завихрений, а вместе с тем и осаждеие несомого ими металла происходит примерно в одних и тех же местах. Так путем последовательного его накопления происходит образование участков косовых россыпей. Сравнительное постоянство мест осадки металла приводит к тому, что выработанные косовые россыпи восстанавливают свое богатство по истечении нескольких лет и вновь могут работать в тех же самых местах.

Характер накопления металла на косах приводит к особенностям его распределения в косовых россыпях. Здесь нельзя, как в пластовых россыпях, различать металлоносные пески и торфа. Металл обычно залегает в верхних частях речных наносов, наоборот, на глубину сменяясь пустым аллювием. Сами металлоносные наносы представляют чередование весьма тонких, измеряемых сантиметрами и даже миллиметрами, металлоносных пластинок со слоями пустого аллювия. Металлоносные прослойки обычно непостоянны и в ширину и в длину, представляя весьма плоские линзочки, сильно вытянутые вдоль по течению (фиг. 99). Общая мощность металлоносной части косы обычно измеряется дециметрами или немногими метрами.

В процессе меженного перемыва косовой металл, помимо некоторого перемещения вниз по течению, может также испытывать оседание на глубину благодаря циркулирующей в галечниках воде. Насколько велико может быть это оседание, сказать трудно, но, повидному, в большинстве случаев оно незначительно, так как обычно в косовых россыпях содержание металла на глубину прекращается.

Косовые россыпи никогда не представляют одной сплошной металлоносной залежи. Это всегда отдельные металлоносные косы и даже участки кос, то более, то менее богатые металлом, разбросанные в русле реки иногда на громадном протяжении ее течения.

Дальность расположения косовых россыпей от пластовых, с которыми они генетически связаны, трудно поддается учету. Обычно расстояние между ними измеряется десятками и даже немногими сотнями километров. Поэтому в косовых россыпях концентрируется металл, выносимый не из какого-либо определенного металлоносного ключа, но часто из всех ключей целого металлоносного района и даже из различных металлоносных районов, расположенных вдоль реки. Металл, выносимый из различных районов, в косовых россыпях смешивается, и бывает невозможно установить, за счет выноса из какого ключа или района образовался тот или иной участок косовой россыпи.

Развитие косовых россыпей в течение эрозионного цикла представляется пока в достаточной мере неясным. Освобождение и образование вновь частиц косового металла приурочено к периодам перемыва пластовой россыпи, т. е. к началу каждого эрозионного цикла. По окончании формирования новой россыпи и покрытия ее торфами поступление частиц косового металла в русло реки или прекращается или значительно ослабевает. Поэтому, естественно, предполагается предположение, что чем больше времени протекло с начала эрозионного цикла, тем дальше вниз по течению успела переместиться косовая россыпь. Но так как никаких специальных наблюдений в этом отношении не было, нельзя сказать, так это на самом деле или нет.

Косовые россыпи являются россыпями живыми, в них перемещение металла вниз по течению происходит на наших глазах, во время каждого половодья. Несомненно, что если на пути течения реки встречается какая-либо область аккумуляции — озерный бассейн, участок погружения, равнинный участок или долина очень крупной реки, где происходит резкое изменение уклона, — значительная часть косового металла отлагается и прекращает свое дальнейшее передвижение. Но мы не знаем, всегда ли происходит передвижение косового металла до подобного участка аккумуляции или он может прекращать свое движение и закрепляться по мере постепенного уменьшения уклона речной долины. В этом случае косовые россыпи должны были бы переживать подобно пластовым все три фазы развития — русловую, долинную и террасовую. Обычно известны лишь косовые россыпи в русловой фазе своего развития и накопившиеся в каких-либо участках аккумуляции.

Точно так же совершенно неизвестно соотношение между разновременными порциями косового металла, связанными с различными эрозионными циклами. Мы не знаем, соединяются ли они где-нибудь между собою подобно разновременным порциям пластового металла или остаются пространственно отделенными друг от друга. Несомненно, что в участках аккумуляции они либо соединяются, либо образуют различные горизонты одной сложной россыпи.

Процесс образования частиц косового металла является универсальным и происходит в любой россыпи при ее перемыве. Чем мельче частицы металла в данном районе, т. е. чем больше их суммарная поверхность при одном и том же общем весе, тем большему истиранию они подвергаются

и тем значительнее количество образующегося косового металла. Иногда большую роль может играть и крупность металла в коренном месторождении. Прцентное отношение между общим количеством пластового и косового металла может очень сильно меняться для различных металлоносных районов.

Очень часто значительное количество косового металла освобождается при разработке пластовых россыпей. Как отмечалось выше, разделение пластового и косового металла часто бывает весьма несовершенным и всякая пластовая россыпь содержит то или иное, иногда довольно значительное количество косового металла. При добыче и промывке металлоносных песков значительная часть этого металла сносится даже при достаточно совершенных способах промывки, не говоря уже о примитивных старательских бутах. Весь этот металл отлагается на косах ниже по течению, образуя небольшие косовые россыпи. Последние вряд ли могут быть объектами самостоятельной промышленной эксплуатации, но, образуясь в пределах уже металлоносных площадей, они могут заметно увеличивать содержание металла в последних. Это явление наблюдалось в россыпях Калифорнии и отмечено местами у нас.

Косовые россыпи должны присутствовать в выносах каждого металлоносного района, и вопрос может быть не в том, имеются они или нет в данном районе, а лишь в том, насколько далеко вниз по течению они переместились и как велика в них концентрация металла. Во многих случаях последняя вполне достаточна для того, чтобы эти россыпи могли служить самостоятельными промышленными объектами. Таким образом, косовые россыпи, с одной стороны, являются значительными дополнительными источниками получения россыпного металла, с другой стороны, залегая вблизи поверхности, являются хорошим поисковым признаком для направления поисково-разведочных работ. К сожалению, многие основные вопросы косовой металлоносности остаются до сего времени совершенно неосвещенными.

9. Россыпи распадков

Россыпи распадков не являются типичными аллювиальными россыпями, так как в их сложении значительное участие принимает делювиальный материал; но в то же время они не могут считаться и делювиальными россыпями, так как этот материал уже подвергся заметной обработке проточной водой.

Основная особенность распадков та, что текущие в них ключи не могут выработать себе нормального продольного профиля благодаря изобилию поступающего в них со склонов делювиального материала. Поэтому продольный профиль дна распадков обусловлен соотношением между количеством материала, поступающим со склонов, и количеством его, выносимым ключом. В сухие периоды дно распадков повышается благодаря накоплению в них коллювия; во влажные периоды, наоборот, понижается, и русло ключа может даже врезаться в коренные породы.

Если в течение некоторого периода наблюдается равновесие между поступлением и выносом обломочного материала, то русло ключа, текущего в распадке, сохраняет довольно постоянный уровень, покрываясь окатанным аллювиальным материалом. Благодаря узости распадка поступление делювиального материала со склонов идет прямо в русло ключа. Наиболее мелкий материал и часть крупного выносятся из распадка высокой водой, остальная часть испытывает обработку в русле ключа при вращении в покрывающих его дно ямах и вымывах. Здесь же происходят обработка и концентрация металла. В достаточно глубоких ямах, из которых силою высокой воды вымывается значительная часть каменного материала, кон-

центрация металла может быть очень велика. Таким путем в русле ключа образуются отдельные металлоносные кочки, разбросанные без всякой правильности по его длине. Размеры кочек обычно невелики и измеряются в плане дециметрами или немногими метрами. В высокую воду, когда ключ представляет бурно несущийся по крутому уклону поток, часть металла может перемещаться вниз по течению и даже выноситься в ту долину, куда впадает распадок, отлагаясь в его конусе выноса.

Если эрозионная деятельность ключа падает или усиливается поступление делювия, русло ключа загромождается угловатым делювиальным материалом, с выносом которого ключ не может справиться. Если делювиальный материал металлоносен, то происходит значительное обогащение его металлом благодаря выносу всего более мелкого материала. Особенно богатые кочки при этом не успевают создаваться, так как уровень русла непрерывно повышается. Все металлоносные кочки, образовавшиеся в период устойчивого положения русла, оказываются погребенными под более бедными или даже совершенно пустыми массами обломочного материала. В следующий период устойчивого положения русла вновь могут создаваться металлоносные кочки уже на другом высотном уровне. Таким образом, не только по длине ключа, но и по вертикали они оказываются разбросанными в толще наносов без какой-либо правильности.

Благодаря чрезвычайно крутому уклону распадков выполняющие их наносы испытывают непрерывное перемещение вниз по распадкам под влиянием собственной тяжести. В некоторых распадках вода появляется лишь весной и после больших дождей, а в обычное время они лишены постоянного водотока. В подобных распадках основное перемещение обломочного материала производится процессами денудации, а не процессами водного переноса, почему заключенные в них россыпи стоят по своему характеру гораздо ближе к делювиальным, чем к аллювиальным. Если в россыпи имеются богатые металлоносные кочки, то при оползании ее по распадку эти кочки перемещаются с более убогим делювиальным материалом и разубоживаются сами.

Если эрозионная деятельность ключа усиливается в связи с увеличением количества выпадающих осадков или ослабевает поступление делювия, то русло ключа начинает углубляться. При этом подвергаются перемыву как ранее накопившийся коллювий, так и аллювиальные металлоносные кочки. Мощность наносов под руслом ключа уменьшается, и происходит значительное обогащение их металлом. Так как из распадков выносятся преимущественно более мелкий материал, то остающиеся наносы значительно обогащаются крупным каменным материалом — валунами и булыжником. При глубоком перемыве накопившихся наносов может даже образоваться сильно валунистый прослой, значительно обогащенный металлом, осадившимся сюда из всей перемытой толщи наноса. При последующем накоплении коллювия этот металлоносный валунистый прослой вновь может оказаться погребенным.

Если спускающийся со склонов делювий не является металлоносным, а весь металл распадка приносится из его вершины, то при перемыве ключом коллювия большого обогащения металлом не получается, и он остается сосредоточенным преимущественно в аллювиальных металлоносных кочках. В этом случае и валунистый прослой может оказаться лишь весьма слабо металлоносным. При дальнейшем углублении ключа наносы могут оказаться промытыми до плотика, и ключ начнет врезаться в коренные породы.

Таким образом, для ключей, текущих в узких, крутых распадках, периоды понижения и повышения русла, размыва и накопления наносов обусловлены не сменой эрозионных циклов, а изменением многоводности

ключа или количества поступающего в него делювиального матерпала. Смена эрозионных циклов, сопровождаемая понижением уровня долины, в которую распадок впадает, отзывается на его жизнедеятельности с большим запозданием и в сильно ослабленной степени. В фазу углубления главной долины распадок продолжает выходить своим устьем на уровень прежней долины, сохраняющийся в виде террас. Лишь в фазу расширения долины, когда эти террасы подвергаются полному уничтожению, происходит понижение базиса эрозии и для распадка. Если эти террасы сохраняются, то понижения базиса эрозии не наступает; ключ, выходя из распадка, или растекается по поверхности террасы или пересекает ее и проработывает себе узкую рытвину на ее склоне, обращенном к молодой долине.

Но если даже и происходит понижение базиса эрозии распадка, то оно сказывается лишь на его приустьевой части. Здесь образуется чрезвычайно крутой участок течения, который лишь с весьма большой медленностью распространяется вверх по распадку. Большой приток делювия со склонов может совершенно приостановить это продвижение. Таким образом, фаза углубления растягивается в распадке на неопределенно долгий срок; в течение этого срока может наступить новое понижение базиса эрозии, которое также не отразится на верхней части распадка. В распадке будут суммироваться понижения базиса различных эрозионных циклов. В результате продольный профиль его может принять плавную форму.

В дальнейшем, при наступлении благоприятных к тому условий, ключ, текущий в распадке, начнет врезаться в коренные породы. Это врезание совершенно не будет связано с фазой развития главной долины и может происходить даже в то время, когда последняя будет погребаться мощной толщей аллювия. Врезание ключа в коренные породы может происходить и после длительной фазы покоя, уже в процессе денудации местности, когда склоны станут более пологими и сократится поступление в распадок делювиального материала. В этом врезании будет сказываться влияние прошедших эрозионных циклов.

Таким образом, в отличие от нормальных эрозионных долин для распадков нельзя выделить нескольких последовательных фаз развития в связи с течением эрозионного цикла. Здесь различимы лишь три состояния: состояние врезания ключа, состояние накопления коллювия и состояние равновесия между ними. Эти состояния могут неоднократно сменять друг друга в течение одного эрозионного цикла и, наоборот, одно состояние может длиться несколько эрозионных циклов подряд. В периоды накопления происходит значительное увеличение мощности наносов, выполняющих распадок, и подготовка материала, подлежащего перемыву; в периоды врезания происходит перемыв этого материала и образование аллювиальных металлоносных гнезд.

Характер россыпи распадка будет зависеть всецело от того, в каком состоянии находится распадок в данное время. Если русло ключа углубляется, россыпь может залегать непосредственно у поверхности и носить черты аллювиальной россыпи. Если происходит накопление коллювия, то россыпь может залегать на очень большой глубине (иногда превышающей 10 м) и по характеру будет больше приближаться к делювиальной россыпи. Но неизменно это будет чрезвычайно нестойкая россыпь, состоящая из отдельных, очень небольших металлоносных кочек, в беспорядке разбросанных и по длине ключа и по вертикали.

При поверхностном залегании подобные россыпи могут быть прослежены поисковыми работами и часто бывают рентабельны, а иногда даже очень выгодны для мелких старательских, вернее, даже хищнических работ. При более глубоком залегании они ускользают от поисковых работ и совер-

шенно недоступны ни для разведки, ни для эксплуатации. Для того чтобы хоть сколько-нибудь приблизительно их оконтурить по длине ключа, необходима настолько густая сеть разведочных выработок, что разведка совершенно не окупится заключенным в россыпи металлом. Проведение эксплуатационных выработок, если они даже попадут на металлоносные кочки, затруднено тем, что оно часто вызывает настолько сильный приток делювия, лишенного упора при своем основании, что становится совершенно невозможным. Кроме того, при проведении этих выработок летом они при каждом ненастье подвергаются уничтожению образующимся в распадке потоком. Подобные горные распадки известны в каждом золотоносном районе, расположенном в горной местности.

10. Зональное распределение россыпей

В главе IX нами было установлено наличие в речной сети, испытывающей процесс преобразования, четырех различных зон:

- 1) зоны зрелых долин старого эрозионного цикла;
- 2) зоны углубления долины;
- 3) зоны расширения долины и заполнения их речными отложениями;
- 4) зоны зрелых долин нового эрозионного цикла.

Из ознакомления с процессом преобразования и типами аллювиальных россыпей становится совершенно ясным, что каждая зона речной сети характеризуется преобладающим развитием определенного типа аллювиальных россыпей. Для зоны зрелых долин исключительно характерными являются долинные россыпи. Террасовые россыпи или отсутствуют или являются лишь очень небольшим развитием при наличии особо благоприятных условий для их сохранения; во всяком случае, в зоне зрелых долин их присутствие случайно и не характерно. Русловые россыпи могут быть представлены в зоне зрелых долин лишь небольшими металлоносными струями, образующимися при боковом размыве каких-либо металлоносных образований и очень быстро превращающимися в долинные.

В зоне углубления долины могут существовать лишь два типа россыпей — русловые и террасовые, причем эта зона является зоной максимального развития и тех и других. Долинные россыпи отсутствуют, если не причислять сюда те небольшие участки металлоносного аллювия, которые образуются в расширениях долины при временных задержках процесса врезания, и очень скоро превращаются в террасы промежуточного уровня.

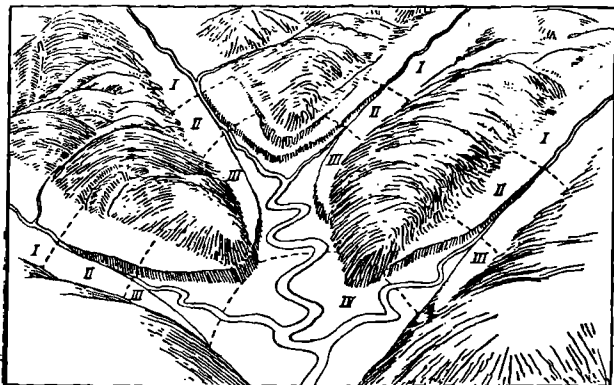
В зоне расширения долин происходит уничтожение террасовых россыпей с одновременным преобразованием русловых россыпей в долинные. В верхних по течению частях этой зоны мы еще имеем типичные русловые россыпи, в нижних — типичные долинные, в середине — промежуточные между ними типы.

Таким образом, соответственно четырем зонам речной сети можно выделить четыре зоны аллювиальных россыпей (фиг. 100):

- 1) зону долинных россыпей старого эрозионного цикла;
- 2) зону русловых и террасовых россыпей;
- 3) зону преобразования русловых россыпей в долинные и уничтожения террасовых россыпей;
- 4) зону долинных россыпей нового эрозионного цикла.

Само собою разумеется, что все эти зоны россыпей, в отличие от зон речной сети, являются не зонами их фактического нахождения, а лишь зонами возможного нахождения. Для фактического развития россыпей в пределах этих зон обязательным условием является металлоносность соответствующих участков речной сети.

В отношении третьей зоны следует отметить, что процесс преобразования русловой россыпи в долинную неразрывно связан с процессом расширения долины, а этот последний в очень сильной степени зависит от твердости окружающих пород. Так как в более мягких породах процесс расширения идет значительно быстрее, то и русловая россыпь здесь скорее преобразуется в долинную. Если в зоне расширения долины мы имеем неоднократное чередование по течению реки твердых и мягких пород (например, гранитов и глинистых сланцев или кристаллических сланцев и рыхлых постплиоценовых отложений), то столь же многократно могут чередоваться между собой и участки русловых и долинных россыпей: первые будут соответствовать твердым, вторые — мягким породам.



Фиг. 100. Схема зонального распределения россыпей по речной сети: I и IV — зоны долинных россыпей; II — зона русловых и террасовых россыпей; III — зона преобразования русловых россыпей в долинные и уничтожения террасовых россыпей.

В отношении террасовых россыпей можно заметить, что если углубляемая долина имеет V-образную форму, то они обычно подвергаются уничтожению еще в фазу углубления долины и в этом случае в третьей зоне отсутствуют совершенно. Россыпи очень высоких древних террас, соответствующих иным очертаниям гидрографической сети, могут, конечно, встречаться вне зависимости от зон, построенных применительно к современным ее очертаниям.

В приведенной схеме зонального распределения россыпей не нашли своего отражения погребенные россыпи. Это объясняется несколько особым положением, которое эти россыпи занимают среди других аллювиальных россыпей. Русловые, долинные и террасовые россыпи — это по существу не самостоятельные типы россыпей, но лишь последовательные фазы, через которые проходит в своем развитии каждая аллювиальная россыпь. Русловая фаза — это фаза образования россыпи; долинная — фаза ее существования; террасовая — фаза ее уничтожения. Погребенную россыпь также можно рассматривать как определенную фазу ее развития, но с той разницей, что через эту фазу проходит далеко не каждая россыпь, ибо возникновение ее требует специальных геологических условий, являющихся в процессе развития россыпи случайными и присутствующих далеко не всегда.

Подвергнуться погребению россыпь может в любой фазе своего существования и, будучи погребенной, она сохраняется без существенных

изменений в течение неопределенно долгого срока. Таким образом, погребенная фаза, как и долинная, является фазой длительного существования россыпи. Поэтому естественно, что погребенные россыпи должны быть помещены в первой зоне. По окончании преобразования россыпи, т. е. в четвертой зоне, погребенная россыпь сразу возникнуть не может; сначала возникает долинная россыпь, которая уже в результате последующих процессов может превратиться в погребенную.

Сказанное справедливо лишь в том случае, если глубина врезания русла больше глубины залегания погребенной россыпи. Если она меньше, то процесс преобразования захватывает лишь верхние горизонты металлоносных песков, для которых и будут иметь значение возникающие в процессе преобразования зоны россыпей. На более глубокие горизонты песков, не затронутые процессом преобразования, эти зоны, конечно, распространяться не будут. Если речная сеть подверглась погребению в то время, когда она находилась в процессе преобразования, то в ней существовали зоны россыпей, которые оказались погребенными вместе с ней. С момента своего погребения эти зоны прекратили свое развитие и в дальнейших процессах преобразования долины могут играть лишь роль первой зоны. Таким образом, в сложных россыпях во время их преобразования могут иногда существовать две системы зон: одна погребенная, другая современная.

Косовые россыпи не могут быть выделены в самостоятельную зону, так как каждая зона соответствует определенной фазе развития аллювиальных россыпей. Косовые же россыпи представляют собою не какую-либо фазу развития, а совершенно самостоятельный тип аллювиальных россыпей, существующих параллельно и одновременно с долинными, но значительно ниже их по течению. Косовые россыпи не могут быть даже выделены в отдельную подзону в пределах зоны долинных россыпей. Благодаря тому, что металлоносные районы могут быть расположены в весьма различных участках речной сети, может случиться, что долинные россыпи одного района будут расположены ниже по течению, чем косовые россыпи другого района.

Так как процесс преобразования долины распространяется снизу вверх по течению, то косовые россыпи подвергаются перемыву прежде долинных, и первая зона может в некоторых случаях содержать лишь долинные россыпи при отсутствии косовых. Наоборот, в четвертой зоне могут присутствовать лишь одни косовые россыпи, когда долинные еще не успели образоваться. В общем же случае зона долинных россыпей содержит в себе два параллельных их типа: собственно долинные — выше по течению, и косовые — ниже по течению. Что касается россыпей распадков, то они, как мы видели, развиваются без образования каких-либо зон.

При местных понижениях базиса эрозии процесс омоложения долины распространяется лишь на ту часть речной сети, которая испытала понижение базиса. Иногда это может быть очень небольшой речной бассейном и даже отдельная долина речки или ключа. Подобные долины и заключенные в них россыпи проходят все фазы развития от первой до четвертой, благодаря чему возникают местные зоны россыпей, в то время как во всей окружающей местности россыпи неизменно находятся в долинной фазе своего существования.

Из всего сказанного выше вытекает, что зональное распределение россыпей не является постоянным, а приурочено к определенным периодам преобразования речных долин, т. е. к периодам, непосредственно следующим за поднятиями горной страны. Так как большинство горных стран обладает в общем тенденцией к поднятию, то зональное распределение россыпей является для них характерным в определенные периоды их развития.

11. Пример Станового нагорья

В течение постплиоцена многие горные районы испытывали неоднократные поднятия. К числу таких районов в пределах Союза относятся, например, область Станового нагорья (в широком смысле), речная сеть которого и в настоящее время находится в периоде своего преобразования в результате последних, сравнительно недавних поднятий страны. Таким образом, установление зональной закономерности в распределении различных типов россыпей имеет громадное значение для объяснения многих особенностей россышной золотоносности этой громадной области и позволяет впервые привести в одну ясную картину многочисленные, до сего времени разрозненные факты и наблюдения различных исследователей.

Область Станового нагорья мы рассмотрим, как пример разобранных выше закономерностей. Если обратиться к рассмотрению распределения в ее пределах зрелых и ущелистых долин, русловых, долинных и террасовых россыпей, то, на первый взгляд совершенно беспорядочное, при детальном рассмотрении оно оказывается подчиненным очень строгой закономерности. Здесь вполне отчетливо можно проследить четыре зоны зрелых долин, разделенные между собой тремя зонами углубления долин, соответствующими трем последовательным эрозионным циклам. Протягивать их с большой детальностью не представляется пока возможным, так как, во-первых, область Станового нагорья обследована далеко не полно, во-вторых, приходится пользоваться наблюдениями различных исследователей, часто объяснявших те или иные особенности в характере речных долин и вмещаемых ими россыпей или случайностью или чисто местными причинами, не подозревая о том, что эти особенности являются вполне закономерными, и не отмечая ряда признаков, по которым с достоверностью может быть установлена зона углубления долин.

Наиболее отчетливо все зоны прослеживаются по долине р. Витима. Самая вершина Витима р. Витимкан имеет в верхнем течении «широкую долину корытообразной формы, заполненную аллювиальными отложениями. Течение реки спокойное, иногда она разбивается на ряд рукавов, близ которых располагаются старицы; тихие плесы отделяются друг от друга мелкими песчаными перекатами; валуны в русле наблюдаются лишь в виде исключения... Коренных террас почти не видно». Такой характер река имеет на протяжении нескольких десятков километров до устья рч. Джиливды.

Так как вершина Витима является наиболее удаленной от базиса эрозии точкой всего его бассейна, то здесь мы скорее всего можем ожидать найти следы наиболее древнего цикла эрозии. Чисто условно будем называть цикл эрозии, соответствующий зрелой долине верховьев Витимкана, первым. Ниже Джиливды в поверхность зрелой долины 1-го цикла врежется узкая каньонообразная долина 2-го цикла эрозии. Это врезание прекрасно прослеживается не только по самому Витимкану, но также и по всем его притокам. В полном соответствии с фазой развития речной сети здесь «наиболее богатыми являются русловые каньонные россыпи, располагающиеся на дне современного русла Витимкана и его притоков». Кроме них, присутствуют более бедные террасовые россыпи.

Ниже Витимканского района долина реки постепенно углубляется, расширяется и наконец превращается во вполне зрелую долину 2-го цикла эрозии. Ширина ее значительно увеличивается в участках, сложенных постплиоценом, и уменьшается в участках коренных пород — гранитов и кристаллических сланцев. Такой характер долины сохраняется на протяжении нескольких сотен километров. Немного ниже с. Усть-Холоя Витим начинает врезаться в зрелую долину 2-го цикла. «Плывя вниз, можно наблюдать, что долина Витима все более и более суживается и ниже

устья р. Ендагна превращается в ущелье с крутыми, а иногда и почти отвесными склонами... Ниже устья р. Шербакты начинается особенно извилистая и узкая, а вместе с тем и порожистая часть долины Витима. Стены ущелья здесь круто обрываются в воду и представляют почти сплошные обнажения. Плыть на плоту и не впадя, в сущности говоря, ничего крутом, трудно отдать себе отчет в том, чем обуславливаются такие особенности речной долины, тем более, что состав пород почти не меняется» (П. И. Преображенский). Для нас совершенно ясно, что здесь расположена зона углубления долины 3-го цикла эрозии.

Ниже долина Витима постепенно расширяется и превращается в зрелую долину 3-го цикла эрозии, сохраняющуюся на протяжении около 200 км до устья р. Каренги. Ниже Каренги мы вновь вступаем в зону углубления долины уже 4-го цикла эрозии. «Первое время ниже устья Каренги сужение долины еще не бросается в глаза: крутые склоны прибрежных высот отстоят от реки версты на полторы, и только самые берега в громадном большинстве случаев сложены уже не из рыхлых отложений, а представляют то скалистые обрывы мысов, то различной высоты длинные обнажения коренных пород... Ниже долина сильно суживается, а высота обнажений по берегам реки еще более возрастает; начиная же с устья Калакана, Витим течет в глубоком узком ущелье, дно которого почти сплошь занято ложем реки; из таких же ущелий вырываются и реки Калар и Ципа» (П. И. Преображенский).

Эту сильно углубленную долину 4-го эрозионного цикла Витим сохраняет до самого своего устья. На большей части этого протяжения долина находится в фазе своего расширения. В участках развития постиллюцевых отложений (например, в районе устья р. Муи) процесс расширения долины зашел очень далеко. Наоборот, в твердых породах и особенно при пересечении крупных возвышенностей (например, Южно-Муйского хребта) долина все еще имеет весьма узкую и ущелистую форму и лишь в нижнем течении заметно расширяется и становится вполне зрелой, хотя и глубоко врезанной долиной.

По всем притокам нижнего течения Витима прекрасно прослеживается зона углубления долин 4-го цикла. В менее значительных притоках (Бодайбо, Соктольжин, Королон и др.) она начинается почти от самого их устья, в более значительных (Мама, Мамакан) — отделена от устья участком очень глубокой долины, где углубление уже закончено. Та же зона углубления может быть прослежена даже вне бассейна Витима, по р. Чуе, впадающей непосредственно в Лену. Выше зоны углубления долины всех без исключения притоков расширяются и превращаются в нормальные зрелые долины 3-го цикла. В зоне углубления 4-го цикла расположены русловые россыпи низовьев р. Бодайбо. Остальная часть бассейна р. Бодайбо расположена в зоне долинных россыпей 3-го цикла эрозии.

Выше кл. Королон по притокам Витима, кроме зоны углубления 4-го цикла, становится возможным проследить и зону углубления 3-го цикла, которая проходит по самым верховым притокам (реки Янгуде, Тулдуви и др.). Обе эти зоны разделены между собой резко выраженной зоной зрелых долин 3-го цикла эрозии.

Прекрасно выражены эти две зоны углубления долин в бассейне левого притока Витима р. Ципы: «Ниже р. Биреп Ципа входит в ущелье и имеет несколько порогов... Ниже р. Олинды ущелистый характер Ципы становится все более суровым, течение ее почти сплошь порожистым... Русло ее стеснено почти отвесными скалами; ключи, впадающие в нее с той и другой стороны, представляют узкие крутые щели, иногда с высокими водопадами... От Войме вниз характер долины несколько меняется: начинается обрисовываться на склоне увалов высокая коренная терраса... Эта широкая терраса обрывается к руслу Ципы скалистым уступом, так

что река протекает среди этой высокой долины у южных скалистых каньоном. Лишь местами каньон расширяется и дает место залпвной террасе, достигающей 0,5 км ширины». В таком же каньоне Циппа выходит и в долину Витима.

Выше ущельистого участка р. Циппа имеет хорошо разработанную зрелую долину 3-го цикла эрозии. Такую же долину имеет и приток Циппы р. Циппикан в своем нижнем течении. Но выше долины его сильно суживается и в приисквом районе представляет собою щель, врезанную в более древнюю долину 2-го цикла эрозии на глубину до 80 м. По мере продвижения кверху глубина врезания уменьшается, и выше рч. Карогаткана мы встречаем лишь зрелую долину 2-го цикла эрозии. Все притоки Циппикана в этом участке имеют долины такого же характера.

Те же соотношения наблюдаются в бассейне р. Калар. В нижнем течении расположена зона углубления долины 4-го цикла, река течет в ущелье. В среднем течении — зрелая долина 3-го цикла, и верховьях — зона углубления этой долины с ущельистыми участками по всем притокам (Калар Четканда, Калакан и др.). Самые верховья бассейна — зрелые (здесь ледниковые) долины 2-го цикла. Те же зоны можно проследить по всем другим притокам Витима, но для нас они большого интереса не представляют.

По бассейну р. Олекмы мы имеем меньше данных для выделения различных зон, может быть за недостаточностью геологической литературы. Но все же и здесь различные фазы развития долины выделяются обычно достаточно явно. Для удобства будем называть их так же, как и в бассейне р. Витима, т. е. считать последний цикл эрозии четвертым.

В нижнем течении долина р. Олекмы пролегает в довольно мягких палеозойских известняках. Поэтому долина 4-го цикла эрозии успела здесь достаточно расшириться и перейти в фазу зрелой долины. Выше, в области развития докембрийских кристаллических сланцев, долина значительно уже и находится в фазе своего расширения, а еще выше по течению мы попадаем в зону углубления долины: на участке примерно от Енюки до устья рч. Хани это типичная порожистая и ущельистая молодая долина в фазе своего углубления. Выше рч. Хани Олекма имеет вполне зрелую долину 3-го цикла эрозии и сохраняет ее на весьма значительном протяжении. Но по левым ее притокам на этом участке можно хорошо проследить зону углубления долин этого цикла и даже зону зрелых долин 2-го цикла эрозии.

Рч. Хани в нижнем и среднем течении имеет зрелую долину 3-го цикла. В верхнем течении долины Хани и ее притоков узкие и глубокие, местами ущельистые с отвесными стенками. Это зона углубления 3-го цикла. Впадающая в Олекму несколько выше рч. Имангро и ее приток Илинсала, по данным Е. С. Бобина, «интенсивнейшим образом врезаются в Олекмо-Каларский водораздел, образуя многочисленные всякие долины и каньонообразные ущелья, совершенно непроходимые... Неуравновешенное русло тянется от вершин до середины течения, где наблюдается постепенное выполаживание, свидетельствующее о приспособлении реки к режиму современного цикла эрозии». Здесь врезание 3-го цикла продвинулось меньше, чем по Хани.

Еще меньше оно продвинулось по рч. Дырында, впадающей в Олекму еще выше. Здесь зона углубления 3-го цикла тянется вверх по реке лишь до устья рч. Ниваки; выше Дырында имеет широкую (до 3—5 км) зрелую долину 2-го цикла эрозии. И, наконец, в рч. Нижней Мокле, впадающей в Олекму значительно выше, мы последовательно находим зрелую долину 3-го цикла, зону углубления 3-го цикла, зрелую долину 2-го цикла и в самой вершине — зону углубления 2-го цикла. Зону углубления 3-го цикла мы встречаем и по р. Средней Мокле в ее нижнем течении. Выше Олекма

является необследованной, но не приходится сомневаться, что и здесь по всем ее притокам можно проследить зону углубления долин 3-го цикла.

Реку Нюкжу эта зона пересекает несколько ниже устья рч. Нижней Ларбы; вся вышележащая часть бассейна Нюкжи относится к зоне зрелых долин 2-го цикла эрозии, и лишь в верховьях ее правых притоков, может быть, можно найти остатки зоны углубления долин этого цикла. Но геологическая литература по этому району отсутствует.

Река Чара, наиболее крупный приток Олекмы в ее нижнем течении, на значительном протяжении имеет зрелую долину 4-го цикла, разработанную в мягких известняках палеозоя. Ущельистая зона углубления этого цикла расположена между устьями рр. Большой Торы и Соломата. Выше Чара имеет зрелую долину 3-го цикла эрозии, а по ее притокам здесь хорошо прослеживается зона углубления этого цикла, выше которой расположена зона зрелых (здесь ледниковых) долин 2-го цикла эрозии.

По р. Жуе, левому притоку Чары, проследить зону углубления долин 4-го цикла довольно трудно, так как здесь оно протекало в рыхлых постплиоценовых отложениях и либо успело распространиться до верховьев бассейна, либо сильно замаскировано рыхлостью пород и требует специальных наблюдений. Но все же и здесь, как указывает А. К. Мейстер, можно отметить одну постоянную черту: в верховьях, вообще в верхней части долины, мы наблюдаем как бы накапливание осадков, и реки текут в собственных отложениях, затем ниже они постепенно все более внедряются в них, наконец даже пррезают их и в низовых участках реки врезаются уже в коренные породы. В некоторых случаях зона углубления даже хорошо прослеживается по ступенчатому продольному профилю и присутствию ущельистых участков между участками зрелых долин, как, например, в речках Олонго, Бугарихте и Онлукиту.

Таким образом, в бассейне Олекмы прослеживаются те же циклы эрозии и те же зоны развития долин, что и в бассейне р. Витима. Повидимому, поднятия этих двух районов были синхронны.

В бассейне р. Зеи очень хорошо прослеживаются две зоны зрелых долин — 3-го и 4-го циклов эрозии и расположенная между ними зона углубления 4-го цикла. Что касается зоны углубления 3-го цикла, то она прослеживается лишь в виде крутых, ущельевидных участков в самых верховьях некоторых правых притоков Зеи, берущих начало со Становика. По Э. Э. Аверту, «немного южнее вдоль Станового хребта тянется полоса с пологими высотами и довольно широкими долинами, т. е. почти равнинного характера (зона зрелых долин 3-го цикла. — Ю. Б.)... Затем тянется полоса крутых вершин и узких, иногда ущельевидных долин (зона углубления 4-го цикла. — Ю. Б.), за которой следует пологохолмистая местность».

Наиболее крупный приток верхней Зеи р. Гилкой течет в глубоко врезанной узкой ущельистой долине, заполняя своим руслом почти всю ее ширину. Долины других, более крупных рек, как Брянта, Утугей, Унаха, Иликан, по П. К. Яворовскому, «представляются на большей части протяжения неширокими коридорами, ограниченными то отвесными, то более или менее крутонаклонными стенами, высота которых от 30—40 сажен в верхнем течении и опускается до 20—30 сажен в нижнем течении». Верхние по течению части этих ущельевидных долин находятся в фазе своего углубления, нижние — в фазе расширения. Местами, по видимому, оба процесса идут одновременно. Все более мелкие притоки этих рек находятся в фазе своего углубления лишь вблизи устьев, на большей же части течения они имеют зрелые долины и соответственно этому — долинные россыпи 3-го цикла эрозии. В этой же фазе развития находятся и верховья более крупных рек.

Та же картина повторяется и в Унья-Бомском районе, где все более крупные долины врезаны в виде каньонов в 40—50 м глубиной, соответственно чему в районе развиты русловые россыпи 4-го цикла эрозии и террасовые 3-го цикла. Во всем бассейне верхней Зеп лишь она сама и ее притоки, текущие в рыхлых постплиоценовых отложениях, имеют зрелые долины 4-го цикла эрозии.

Алдан имеет зрелую долину 3-го цикла эрозии в самой вершине. Между устьями рр. Большого Оломакита и Улунгу начинается зона углубления долины 4-го цикла, которая тянется примерно до устья р. Большого Нимгера. Ниже долина постепенно переходит в фазу своего расширения, причем этот процесс довольно далеко продвинулся в мягких кембрийских известняках и лишь очень немного в твердых породах архея. Лишь несколько ниже устья р. Тимптона, где Алдан вступает в область почти сплошного развития известняков, мы имеем зрелую долину 4-го цикла эрозии.

Все реки, впадающие в Алдан в ущельистом участке и непосредственно ниже него, имеют резко выраженный ступенчатый продольный профиль: крутые, ущельистые долины внизу и разлогие зрелые долины 3-го цикла в верховьях. Таковы Улунгу, Амедици, Большой Нимгер с Усмуном (Томмотом), Чуга, Нимгеркан, Чемпола и др. Притоки, впадающие ниже по течению и притом углублявшиеся по известнякам, успели уже разработать зрелые долины 4-го цикла эрозии; таковы Якокут и Селигдар с притоками.

Зона углубления долин прекрасно прослеживается и во всем бассейне правого притока Алдана р. Тимптона. Здесь ущельистые участки прекрасно выражены по Ыллымаху, Джелтуле, Хатыми, самому Тимпону и пр.

12. Заключение

Детальное рассмотрение различных типов аллювиальных россыпей с генетической точки зрения в достаточной мере уясняет их взаимоотношения во времени и в пространстве. Это рассмотрение позволило нам подойти к весьма широкому обобщению, выраженному в теории зонального распределения россыпей. Эта теория прекрасно нам объясняет, почему в тех или иных районах пользуются развитием определенные типы аллювиальных россыпей. Больше того, мы можем заранее предугадывать, какого характера россыпи можно встретить в том или ином еще совершенно необследованном районе: для этого не надо иметь на руках точных карт района, а достаточно знать фазу развития речной сети в районах, смежных с ним. Так как методика поисков, разведки и разработки для русловых, долинных и террасовых россыпей различна, то подобное предугадывание характера россыпей имеет громадное практическое значение.

Область Станового нагорья, рассмотренная нами в качестве примера, представляет чрезвычайно широкое поле для применения зональной теории. К сожалению, эта область еще слишком недостаточно охвачена геологическими исследованиями, чтобы можно было во всей полноте восстановить картину развития ее гидросети и распределения по ней различных типов россыпей. Но уже и сейчас можно сделать некоторые практические выводы.

Так, например, в бассейне р. Витима, если исключить систему р. Бодайбо, пользуются преимущественным развитием русловые россыпи. Там, где известны долинные россыпи, они всегда располагаются недалеко от русловых: или в зоне расширения долины или непосредственно выше зоны углубления. Это далеко не случайность, но из этого вовсе не следует делать вывода, что зоны зрелых долин незолотоносны.

Вполне естественно, что прежде всего были найдены русловые россыпи, обнаружить которые значительно легче, чем долинны, покрытые мощным слоем торфов. Зоны долинных россыпей остаются до сего времени практически необследованными.

Можно сделать некоторые выводы и в отношении косовых россыпей. Если мы встречаем богатое косовое золото, то это вовсе не значит, что непосредственно под ним должна залегать богатая россыпь пластового золота. Если мы хотим разведать косовую россыпь как таковую, то совершенно незачем проходить разведочные выработки до плотика: это беспечная трата средств и времени. Если мы хотим найти и разведать пластовую россыпь, то должны ее искать выше косовой по течению. В этом случае неправильно поставленная разведка ведет не только к напрасной трате средств, но и к отпугивающей оценке заслуживающей внимания долины. Такие случаи бывали.

Глава XV

ЛЕДНИКОВЫЕ И АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ РАЙОНОВ ОЛЕДЕНЕНИЯ

1. Общие данные о процессах оледенения

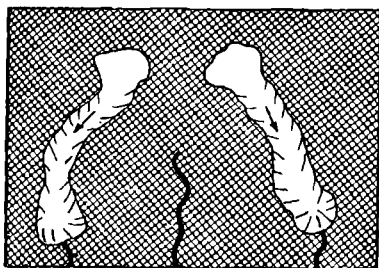
Процессы оледенения заключаются в том, что при определенных климатических условиях выпадающий на зиму снег не успевает стаять за лето и, накапливаясь из года в год, образует толщи значительной мощности. Это накопление происходит преимущественно в речных долинах и других углублениях рельефа, куда снег сдувается с возвышенностей ветром и перемещается лавинами и снежными обвалами. По мере накопления снега нижние его горизонты под давлением вышележащих масс превращаются сначала в зернистый лед — фирн, а затем в сплошной лед.

Под влиянием веса вышележащих масс снега и фирна, уклона долины и собственной пластичности этот лед начинает очень медленно течь вниз по долине, образуя долинный ледник. Пока ледник движется в пределах области, где снег не успевает за лето стаять и накапливается, он пополняется новыми количествами материала, — это область питания ледника. Как только ледник спускается ниже линии вечного снега, убыль его благодаря таянию уже превышает пополнение его новым материалом. Это область убыли или таяния ледника. Двигаясь в пределах ее, ледник постепенно уменьшается в мощности и, наконец, заканчивается. Крупные ледники могут очень далеко спускаться ниже снеговой линии.

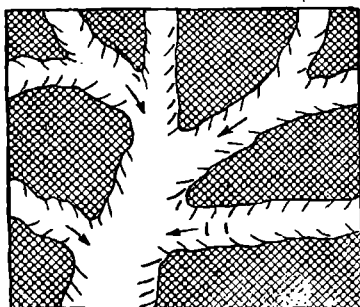
Если мощность льда настолько велика, что он не уместается в долинах, а покрывает и разделяющие их возвышенности, то образуется сплошной ледниковый покров. В настоящее время громадные массы покровного льда совершенно покрывают поверхность Гренландии и Антарктики. Этот тип оледенения называется покровным или гренландским. Долинные ледники также разделяются на несколько типов в зависимости от своей формы в плане. Сравнительно небольшие долинные ледники, выполняющие лишь верхние части речных долин, называются альпийскими (фиг. 106). Если длина их более значительна, несколько долинных ледников могут сливаться между собою, образуя древовидный ледник или ледник памирского типа (фиг. 107). Долинные ледники, питающиеся из одного не очень обширного ледникового покрова, от которого они растекаются в разные стороны, представляют скандинавский тип оледенения (фиг. 108).

Долинные ледники, выходя из высоких гор в область пониженного или равнинного рельефа, могут сливаться между собою своими нижними концами, образуя сплошное ледяное поле. Это ледники подножия или предгорные (фиг. 109). Если область предгорного ледника окажется приподнятой и край ее будет расчленен более глубоко врезанными речными долинами, то при нарастании оледенения эти долины также могут быть выполнены ледниками, питающимися от ледника подножия. Это колым-

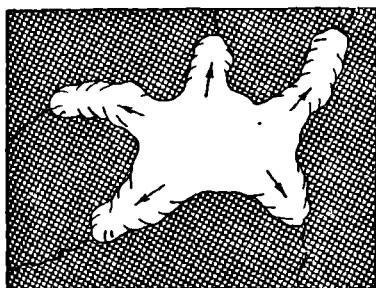
ский тип оледенения, представленный двумя ярусами долинных ледников с разделяющим их ледником подножия (фиг. 110).



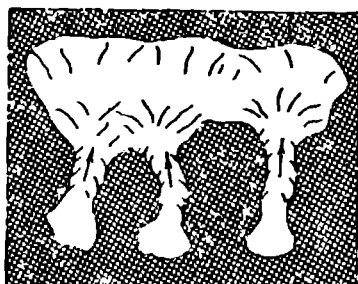
Фиг. 106. Альпийские ледники.



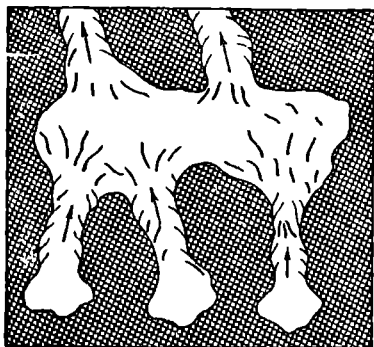
Фиг. 107. Древовидный тип ледника.



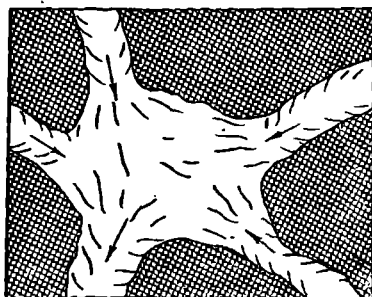
Фиг. 108. Скандинавский тип оледенения.



Фиг. 109. Ледник подножия.



Фиг. 110. Ледник колымского типа.



Фиг. 111. Котловинный ледник.

На Памире наблюдались своеобразные котловинные ледники, образующиеся в замкнутых горных котловинах, куда с разных сторон стекаются многочисленные долинные ледники, сливающиеся на дне котловины в один сплошной ледяной покров. Похожие котловинные ледники пользовались развитием во время четвертичного оледенения в бассейнах рек Кольмы, Юдомы и др., с той разницей, что эти ледники образовались не в замкнутых котловинах, но имели сток через одну из долин (фиг. 111).

Глава XIV

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ СО СЛАНЦЕВЫМ И ИЗВЕСТНЯКОВЫМ ПЛОТИКОМ

1. Общие замечания

При рассмотрении процессов эрозионной деятельности и образования аллювиальных россыпей уже неоднократно отмечалось, что течение того или иного процесса в значительной мере зависит от окружающих условий. Направление процесса не может быть изменено, оно обусловлено общим ходом эрозионного цикла. Поэтому во всех случаях последовательность развития аллювиальных россыпей остается одна и та же. Но детали процесса создаются исключительно окружающими условиями, среди которых первенствующую роль играет литологический характер коренных пород. Благодаря этому россыпи, находящиеся в одинаковой фазе развития, но залегающие на различных коренных породах, могут очень сильно разниться между собою.

Из всех коренных пород оказывают наибольшее влияние на характер залегающих на них россыпей глинистые сланцы и известняки. Поскольку и те и другие являются породами весьма распространенными, создаваемые ими особенности россыпей заслуживают того, чтобы быть описанными отдельно. В отношении глинистых сланцев достаточно указать, что многие золотоносные районы (Колымский, Индигирский, Аллах-Юнский) расположены в области преобладающего развития глинистых сланцев, где в ближайшие годы можно ожидать обнаружения еще новых и новых районов.

Особенности россыпей, создаваемые глинистыми сланцами, могут быть разделены на три группы:

1. Особенности, зависящие от мягкости сланцев (легкости их размыва).
2. Особенности, зависящие от текстуры сланцев (их сланцеватости).
3. Особенности, зависящие от минералогического состава сланцев.

2. Особенности, обусловленные мягкостью сланцев

Глинистые сланцы при всех эрозионных процессах являются породами чрезвычайно податливыми. Эта их податливость обусловлена, с одной стороны, их большой мягкостью и легкой истираемостью, с другой стороны — изобилием в них трещин сланцеватости и в связи с этим их легкой выкрашиваемостью. Большая податливость глинистых сланцев приводит к тому, что все эрозионные процессы протекают в них весьма легко и быстро.

Когда мы имеем частые, но каждый раз не очень большие понижения базиса эрозии, то в твердых породах нередко бывает, что углубления долин, вызванные разновременными понижениями базиса, сливаются между

собой в единое суммарное углубление. Особенно часто это бывает в небольших речках, где процесс врезания идет настолько медленно, что прежде чем он успеет сколько-нибудь далеко продвинуться, наступает новое понижение базиса и новое врезание. Возможно, что именно такой сложный характер носит последнее 170-метровое врезание в бассейне р. Алдана.

В глинистых сланцах такая возможность совершенно исключена, так как в них врезание протекает настолько быстро, что каждое из них остается резко индивидуализированным и пространственно отделенным от врезания как предыдущего, так и последующего эрозионных циклов. Точно так же реки, протекающие в глинистых сланцах, являются весьма чувствительными и легко реагирующими и на всевозможные местные понижения базиса эрозии.

Поэтому в глинистых сланцах при том же характере эпейрогенических поднятий может быть четко выражено большее количество террас, чем в условиях твердых пород. Точно так же в них обычно бывают более четко выражены и террасы промежуточного уровня; достаточно бывает самой небольшой задержки в углублении русла, чтобы река успела уже несколько расширить свою долину и сформировать промежуточный уровень.

Благодаря той же большой податливости врезание русла в глинистых сланцах всегда происходит в форме каньона с отвесными или почти отвесными стенками. Подобные каньоны в высшей степени характерны для районов Колымского, Аллаха-Юнского и др. С образованием этих каньонов связана прекрасная сохранность террасовых россыпей в зоне углубления долины и в значительной части зоны их расширения. При достаточной ширине старой россыпи она уничтожается не столько в фазу углубления, сколько в фазу расширения долины: С этим связано то, что новая россыпь оказывается мало смещенной вниз по течению по сравнению со старой и в общих чертах повторяет особенности распределения в ней металла.

Расширение долины в глинистых сланцах происходит не менее быстро, чем ее углубление. Этим часто бывает обусловлено то, что поперечный уклон сланцевого плотика или очень незначителен или совершенно отсутствует. Во многих долинах, разработанных в глинистых сланцах, плотик на большей части ширины долины бывает расположен в общем на одном уровне. В то же время в деталях он может быть чрезвычайно перовым, так как всякие случайные причины, влиявшие во время его формирования на эрозионную силу реки, тотчас отражались на его уровне. Так как поперечный уклон плотика характеризует скорость накопления аллювия в период расширения долины, то, естественно, что на плоском плотике мощность металлоносного пласта обычно невелика. Лишь в небольших ключиках, обладающих незначительной эрозионной силой, влияние податливости сланцев размыву сказывается не столь резко, и в них значительно чаще можно встретить корытообразный плотик и значительную мощность металлоносного пласта.

При большой податливости самих сланцев встречающиеся среди них пласты или дайки более крепких пород (песчаники, туфы, порфиры и пр.) резко выделяются своей неподатливостью, образуя выступы плотика, между которыми часто происходит задержка и накопление металла.

3. Особенности, обусловленные трещиноватостью сланцев

Чрезвычайное изобилие в глинистых сланцах трещин слоистости или сланцеватости, с одной стороны, облегчает их размыв, с другой — отражается на самом механизме образования аллювиальной россыпи. В гл. XII уже отмечалось, что при переносе металла по поверхности сланцев значительная часть его задерживается в трещинах плотика. Поэтому в глинистых

сланцах смещение россыпи вниз по течению при ее перемыве, если даже последний происходит в фазу углубления долины, бывает сравнительно невелико.

К тому моменту, когда углубление долины заканчивается и река начинает переходить в фазу накопления папосов, большая часть металла оказывается уже заключенной в трещинах плотика и не может подвергаться дальнейшему переносу; аллювиальная россыпь как бы готова раньше времени. Лишь меньшая часть металла еще остается на поверхности плотика и может подвергаться дальнейшему переносу, постепенно накапливаясь в аллювиальном металлопосном пласте. Однако этот металл очень скоро истощивается, после чего начинается накопление торфов. Таким образом, поглощение металла плотиком приводит к небольшой мощности аллювиальной части пласта.

Соотношение между количеством металла, заключенным в плотике в аллювиальных папосах, может быть очень различным. Оно в сильной степени зависит от общего богатства россыпи металлом, от степени глинистости наносов, степени и характера трещиноватости сланцев, направления русла относительно сланцеватости и пр. Чем богаче россыпь металлом, тем меньший процент его застревает в плотике и больший — попадает в аллювиальные отложения. В богатых металлом россыпях часто большая часть металла заключена в аллювии и лишь меньшая, хотя обычно довольно значительная, в трещинах сланцев. В бедных россыпях, наоборот, большая часть металла, если не весь он, находится в трещинах плотика.

При сильно глинистом составе наносов трещины плотика довольно легко заиливаются, препятствуя тем самым попаданию в них металла. Заиливание может происходить не только глинистыми, но и илстыми частицами, но последние столь же легко и вымываются, в то время как глинистые, благодаря своей пластичности, вымываются лишь с трудом. Иногда и сам сланцевый плотик бывает превращен в серую или сивевато-серую, довольно вязкую глину. Часто такое превращение совершается под влиянием серной кислоты, образующейся при окислении заключенного в сланцах пирита. Подобный плотик обычно не содержит в себе металла или лишь небольшое его количество в самой верхней своей части. Это указывает на то, что разложение сланцев в глину может протекать не только под слоем аллювия, но и в процессе углубления русла. Последнее более вероятно в небольших ключах, где процесс врезания протекает сравнительно медленно.

Характер трещиноватости сланцев оказывает громадное влияние на проникновение в них металла. Наиболее благоприятными являются плоские прямолинейные трещины, разбивающие сланцы на тонкую плитчатую щебенку. Наилучшая для улавливания металла толщина плиток — это от 5—7 до 15—20 мм. Как более толстые, так и более тонкие плитки улавливают металл значительно хуже. Очень тонкие, разлистованные глинистые сланцы с толщиной плиток в 1—3 мм часто совершенно не улавливают металла даже при благоприятном расположении по отношению к направлению течения. Более толстые плитки хотя и улавливают металл, но значительно менее успешно, а плитки толщиной более 10 см (аргиллиты, песчано-глинистые сланцы и пр.) — не более, чем любые другие породы. Такая зависимость от толщины плиток, повидимому, обусловлена не только количеством трещин и их шириною, но и способностью их к вибрации под напором течения. Очень тонкие плитки слишком легко ломаются, очень толстые не в состоянии вибрировать, а промежуточной толщины являются для этого достаточно упругими.

Неправильные, криволинейные трещины неблагоприятны для улавливания металла. Если сланцы при выветривании распадаются не на плитчатую, а какой-либо иной формы щебенку, например неправильно-много-

гранную, брусковидную и пр., то они или улавливают металл значительно хуже или совершенно его не улавливают. Поэтому иногда, казалось бы, незначительные причины могут сильно влиять на характер россыпей, залегающих на сланцевом плотике. Например, кремнисто-глинистые и песчано-глинистые сланцы часто дают не плитчатую, а неправильно-многогранную щебенку. Таковую же щебенку иногда дают и чисто глинистые сланцы, но подвергшиеся некоторому метаморфизму, контактовому или региональному. Сильно перемятые сланцы часто дают брусковидную щебенку или превращаются в глину. Во всех тех случаях, когда сланцевый плотик не приспособлен для улавливания металла, залегающие на нем россыпи приближаются к нормальным аллювиальным россыпям.

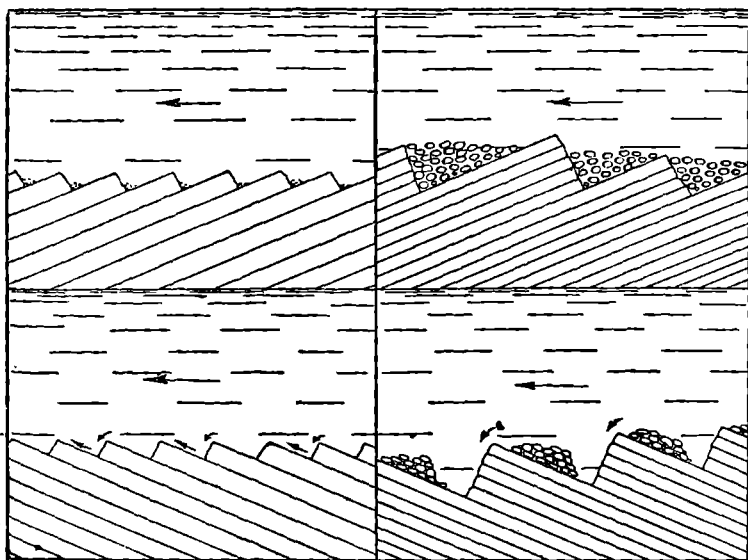
Не меньшее влияние, чем характер трещиноватости сланцев, оказывает ее направление. Если сланцы простираются вдоль течения реки, то металл довольно легко скользит по их поверхности; ее неровности расположены по направлению движения металла, и, кроме того, под напором течения и переносимых им камней не происходит вибрации сланцевых плиток. То же самое наблюдается и при расположении сланцеватости под очень острым углом к направлению течения. При диагональном расположении сланцеватости металл уже задерживается, но наилучшие условия его улавливания создаются при поперечном простирании сланцев.

Помимо направления простираения сланцев на улавливание металла оказывает влияние еще их наклон. При этом следует различать способность металла лишь задерживаться на поверхности сланцев и способность его проникать в них по трещинам на глубину. Проникновение на глубину легче всего при вертикальном или близком к нему залегании сланцев; при этом вибрация плиток является максимальной, и продвижение металла идет по направлению силы тяжести. Падение сланцев по течению, т. е. встречная щетка, более благоприятно, чем падение против течения, т. е. попутная щетка. При средних углах наклона глубокое проникновение металла в трещины сильно затрудняется, а при очень пологом или горизонтальном залегании делается невозможным.

Для задерживания металла при вертикальном или очень крутом падении сланцев имеет очень большое значение, чтобы их поверхность была ребристой, что обычно и наблюдается, благодаря не вполне одинаковой твердости различных плиток. Эти же выступающие ребра облегчают и вибрацию плиток, принимая на себя напор течения. Задержка металла происходит успешнее, когда ребра направлены навстречу течению, т. е. сланцы падают по течению. При более пологом залегании сланцев поверхность их имеет ступенчатый вид. Задерживание металла зависит от толщины плиток, образующих уступы: если она невелика, то металл лучше задерживается опять-таки при падении сланцев по течению (фиг. 101). При высоте ступенек от 5 до 10 см и выше становится более благоприятным обратное падение, так как при нем на подъеме задерживается металл, но вымывается песчано-галечный материал. При падении же по течению углубления забиваются песчано-галечным материалом, препятствующим задерживанию металла.

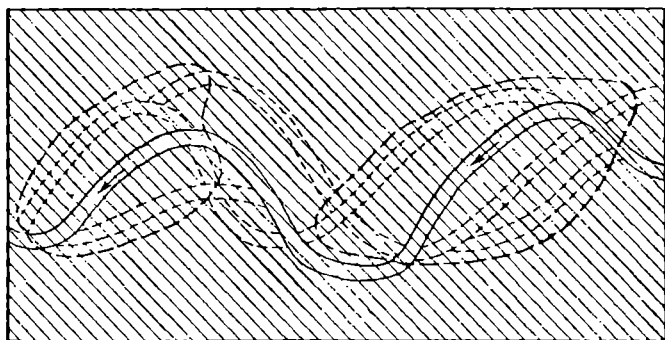
Если среди сланцев, создающих благоприятные условия для задерживания металла и глубокого проникновения его по трещинам, встречаются участки сланцев же или иной породы, неблагоприятной для задерживания металла, то на ее поверхности образуется лишь небольшой и бедный металлоносный пласт, так как главная масса металла уже уловлена трещинами сланцев. Этим объясняется явление, весьма часто наблюдающееся в россыпях, залегающих на глинистых сланцах, и заключающееся в том, что обогащенные полосы (струи) располагаются в россыпи не параллельно течению, а в поперечном или диагональном направлении—по простиранию глинистых сланцев. Пласты сланцев, являющиеся наиболее благоприятны-

ми для улавливания металла, являются наиболее богатыми, разделяющие их менее благоприятные пласты — более бедными или даже совершенно пустыми. Ширина подобных «струй» зависит от мощности соответствующих горизонтов сланцев. Подобное явление неоднократно наблюдалось в Колымском золотоносном районе.



Фиг. 101. Задержание металла при встречном и попутном падении сланцев.

Так как во время образования россыпи направление русла могло быть совершенно иным, чем в настоящее время, то по расположению современного



Фиг. 102. Образование металлоносных гнезд при извилистом русле.

русла относительно простираения сланцев еще нельзя судить о богатстве тех или иных участков россыпи. Благодаря извилистости русла даже при совершенно равномерной способности сланцев к улавливанию металла одни их участки, где при образовании россыпи русло располагалось поперек простираения сланцев, могут оказаться значительно более богатыми, чем другие, где русло располагалось по простираению сланцев. Это часто приводит к возникновению гнездовых или кочковых россыпей, которые

весьма характерны для глинистых сланцев (фиг. 102). Размеры отдельных гнезд могут быть весьма разнообразны, от немногих метров до нескольких десятков метров в поперечнике.

После образования россыпи сланцевый плотик, на котором она залегает, подвергается хотя и медленному, но непрерывному выветриванию. В результате металлоносный слой плотика превращается в рыхлый элювий. Чем больше абсолютный возраст россыпи и чем интенсивнее может идти выветривание плотика, тем полнее это превращение. В очень старых россыпях весь металл залегает уже над коренным плотиком в его элювиальном слое.

Само собою разумеется, что все особенности распределения металла в россыпи, обусловленные трещиноватостью сланцев, сказываются лишь в той части металлоносного пласта, которая представляет или верхний слой коренного плотика или его элювий. Как только плотик оказывается покрыт хотя бы небольшим слоем аллювия, дальнейшее накопление металлоносного пласта происходит уже вне зависимости от характера плотика. Поэтому все особенности распределения металла в аллювиальной части пласта следует относить не за счет строения плотика, а за счет режима водного потока или каких-либо иных причин.

4. Особенности, обусловленные составом сланцев

Характер аллювиальных отложений, а вместе с тем и характер заключенных в них россыпей могут в значительной степени зависеть от их литологического состава. Последний в свою очередь обусловлен тем обломочным материалом, который поступает в речные долины со склонов возвышенностей. Глинистые сланцы при своем выветривании дают весьма характерный обломочный материал, поэтому при их региональном развитии возникают некоторые особенности литологического состава россыпей.

Для глинистых сланцев исключительно характерно физическое выветривание. В химическом отношении они являются весьма стойкими, представляя результат накопления в прошлые геологические периоды продуктов выветривания различных горных пород. При физическом выветривании их образуются щебенка и тонкий илистый материал — продукт механического измельчения сланцев. Этот ил отличается от глинистого материала тем, что не является пластичным, и, может быть, несколько большей крупностью частиц. Превращение глинистых сланцев в глину не характерно: оно происходит или под воздействием серной кислоты или под влиянием других, чисто местных причин и обычно охватывает лишь небольшие участки.

В процессе накопления аллювия заиливание сланцевого плотика и нижних горизонтов самого аллювия играет лишь незначительную роль, так как заиливание производится лишь илистыми (но не глинистыми) частицами, очень легко вновь вымываемыми водою. Благодаря этому в областях развития глинистых сланцев аллювиальные отложения очень часто являются недостаточно связными, как говорят, «сухими». Галька в них цементируется песком лишь с небольшой примесью илистого материала; подобный аллювий очень легко добывается и особенно — промывается, т. е. является «промывистым». Отдельные горизонты его могут даже быть представлены «сушенцами», т. е. галечниками, состоящими почти из одной гальки лишь с ничтожной примесью песка. Подобные сушенцы являются сыпучими, даже находясь в мерзлом состоянии.

Большая пористость галечников облегчает циркуляцию в них грунтовой воды, производящей, с одной стороны, вымывание мелкого илистого материала, с другой — осаждение заключенного в аллювии металла на плотик. Но, повидимому, даже в подобных весьма благоприятных усло-

виях роль последнего процесса в окончательном формировании россыпи все же не очень велика.

В тех ключах, где имеются налицо условия для разложения глинистых сланцев в глину, и состав аллювиальных отложений бывает более глинистым, связным. В таких ключах все особенности, вызываемые сланцевым плотиком, значительно сглаживаются, и такие россыпи больше приближаются к нормальным аллювиальным россыпям. Так как превращение глинистых сланцев в глины обыкновенно бывает ограничено лишь очень небольшими участками, то глинистый состав наносов скорее можно ожидать в очень небольших ключах, так как в более крупных долинах глинистый материал рассеивается по всей массе аллювия и остается мало заметным.

Несколько метаморфизованные глинистые сланцы, первичный минералогический состав которых уже изменен, более подвержены химическому выветриванию и потому легче дают глинистый материал.

5. Общая характеристика россыпей со сланцевым плотиком

Таким образом, аллювиальные россыпи, залегающие на плотике из глинистых сланцев, как правило, характеризуются очень небольшой мощностью или отсутствием аллювиальной части металлоносного пласта. Металлы заключен преимущественно в трещинах коренного плотика или в его элювии. Распределение металла в плотике и в элювии (но не в аллювии) находится в полной зависимости от особенностей плотика и обычно чрезвычайно неравномерно — гнездовое, полосовое и пр.

Очень слабо выражен поперечный уклон плотика; последний в общем горизонтален, в деталях — часто очень неровный. Неровности обусловлены как режимом водного потока в период формирования плотика, так и неравномерной твердостью пород. В период преобразования долин исключительно резко выражены террасы, как основные, так и промежуточных уровней, с широким развитием россыпей. Русловые россыпи часто залегают в каньонах. Металлоносные пески обычно «сухие», промывистые; глинистые не характерны.

Там, где типичные особенности глинистых сланцев в отношении трещиноватости, состава и пр. выражены недостаточно резко, залегающие на них россыпи приближаются к нормальным аллювиальным россыпям. То же явление наблюдается и в небольших водных потоках, обладающих малой эрозионной силой, при которой все особенности сланцевого плотика сказываются не столь резко. Поэтому в небольших долинах мы скорее можем ожидать нормальных россыпей, чем в долинах крупных рек.

Долины, пролегающие в глинистых сланцах, весьма благоприятны для ведения поисковых работ. Даже если они не находятся в периоде преобразования, в них довольно часто вдоль русла выступает щетка глинистых сланцев, весьма удобная для опробования. Если же долины находятся в периоде преобразования, то условия для опробования в них прямо-таки идеальны: четко обрисованные террасы с отвесными склонами, обнаженный плотик террасовых россыпей, обильные сланцевые щетки в русле и по его берегам. В подобных условиях опробования даже в непромышленной россыпи, при умении, могут быть взяты весьма богатые пробы. К оценке таких проб надо относиться весьма осторожно; при непривычке обычно наблюдается тенденция к сильной переоценке металлоносности долины.

В то же время, если нигде по долине не обнажается сланцевая щетка, то условия опробования становятся исключительно неблагоприятными. Пробы, взятые в аллювиальных отложениях, обычно пусты, но они совершенно не дают представления о содержании металла на плотике. В этом

отношении россыпи со сланцевым плотиком значительно менее благоприятны, чем любые другие. Так как в областях развития глинистых сланцев геолого-разведочный персонал обычно избалован хорошими поисковыми пробами, то в неблагоприятных условиях опробования могут быть неосновательно оставлены без внимания долины, заслуживающие разведки.

Для разведочных работ россыпи со сланцевым плотиком представляют свои удобства и неудобства. В условиях вечной мерзлоты малосвязные галечники удобны для проходки, так как производительность пожога в них весьма велика. Сушенцы даже в мерзлоте могут проходиться без пожога, прямо на кайлу. В водных таликах подобные галечники представляют неудобство, так как приток воды в них обычно велик; при работе с водоотливом последний сильно удорожается, при работе на проморозку большой приток вод очень ее замедляет.

Проходка металлоносного пласта при сланцевом плотике представляет весьма деликатную операцию. Обычно в самом процессе углубки шурфа производится неосторожное осаждение металла вглубь по трещинам сланцев, благодаря чему разведка часто дает преувеличенную мощность пласта. Бывают и обратные случаи, когда шурф, дойдя до сланцев, останавливается, не обнаружив промышленного металла, а на 20—40 см глубже содержание металла в плотике достигает нескольких десятков граммов на 1 м³. Благодаря чрезвычайной неравномерности содержания металла в плотике, приходится с большой осторожностью подходить в опробованию шурфов. Подсчет запасов в этих условиях также не может быть очень точен.

Буровая разведка при сланцевом плотике применима лишь в тех случаях, когда значительная часть металла содержится в более или менее связанном аллювии или когда металлоносный слой плотика полностью превратился в элювий. В сухих галечниках бурение производит осаждение почти всего металла на плотик. При проходке самого плотика металл осаживается по трещинам сланцев чрезвычайно глубоко. Результаты разведки обычно получаются сильно искаженными. Сравнение данных бурения с данными контрольной шурфовки по Аллах-Юнскому району обычно давало расхождение на несколько сот процентов, а местами до 3 тыс. процентов (в 30 раз!).

Тигичные россыпи со сланцевым плотиком наиболее удобны для разработки ручным способом. Очень удобны русловые россыпи (особенно береговые щетки) и террасовые, если они залегают недалеко от бровки террасы. Проходка металлоносного плотика иногда бывает затруднена тем, что он является довольно трудно разборным (работа ломом) при промышленном в то же время содержании металла. Как и при разведке, надо опасаться искусственного осаждения металла вниз по трещинам плотика.

Экскаваторные работы прекрасно применимы для вскрыши торфов. Применение их для добычи металлоносных песков, а также применение драг, возможно лишь там, где металлоносный слой плотика превращен в элювий. Где он мало выветрелый, значительная часть металла будет оставаться в его трещинах. После гидравлических работ совершенно необходима задирка плотика вручную, что сильно удорожит их стоимость.

6. Сущность карстовых явлений

Все особенности россыпей, залегающих на известняковом плотике, обусловлены легкой растворимостью известняков. Все связанные с ней явления носят название карстовых. Сюда причисляются также и те явления, которые связаны с легкой растворимостью других пород, например гипса, соли, но поскольку эти породы не служат плотиком металлоносных россыпей, нас могут интересовать лишь те карстовые явления, которые имеют место в известняках и доломитах.

В гл. VI, говоря о циркуляции грунтовых вод, мы уже касались и карстовых процессов. Для наших целей полезно разделить их на две группы: те, которые протекают внутри толщи известняков, и те, которые протекают на их поверхности. Первые приводят к возникновению в известняках самой разнообразной формы полостей: колодцев, галлерей, пещер и пр. Все эти полости непосредственной связи с россыпями не имеют, но они приводят к возникновению чрезвычайно своеобразных особенностей гидрологического, аэрологического и термического режима известняковых толщ, которые оказывают свое влияние и на характер россыпей. Об этих особенностях мы уже говорили в гл. VI. Сейчас лишь напомним, что главнейшими результатами их, оказывающими влияние на характер россыпей, являются: уничтожение вечной мерзлоты в закарстованных известняковых толщах и на их поверхности; безводие или маловодие рек, текущих по известнякам; развитие родников, наледей и незамерзающих марей и многоводность рек вдоль выхода на поверхность водупорного горизонта, по поверхности которого происходит сток карстовых вод.

Поверхностный карст приводит к образованию на поверхности известняков самых разнообразных неровностей, а также влияет на образование, характер и распределение на поверхности обломочного материала, т. е. уже более тесно связан с характером россыпей.

Степень развития карстовых явлений не всегда бывает одинаковой. Поверхностное растворение известняков в той или иной форме проявляется всегда. Подземные же карстовые полости развиваются лишь при благоприятных для этого условиях. Неблагоприятными условиями для развития подземного карста являются:

1. Очень крутосклонный рельеф, при котором значительная часть атмосферных осадков очень быстро стекает в речные долины, не успевая просочиться на глубину.

2. Интенсивное физическое выветривание, при котором поверхность коренных пород покрывается защитным слоем элювиального обломочного материала. Атмосферные воды, медленно просачиваясь через этот слой, насыщаются двууглекислой известью и, достигая поверхности коренных пород, уже не обладают растворяющей способностью. По мере растворения верхних слоев элювия последний вновь нарастает за счет физического выветривания подстилающих известняков.

3. Обилие в известняке примесей (глинистого, кремнистого, песчанистого материала), затрудняющих его растворение.

4. Тонкая слоистость известняков и присутствие в них пропластков посторонних пород.

5. Некоторые считают вечную мерзлоту препятствием для развития подземного карста. Однако пример Алданского района (см. гл. VI) показывает, что она не является непреодолимым препятствием, но, наоборот, сама уничтожается при закарстовывании известняков. Повидимому, она может лишь замедлять, но не прекращать процесс.

6. Малая мощность известняков и небольшие относительные превышения в рельефе не создают благоприятных условий для интенсивной циркуляции грунтовых вод и тем затрудняют развитие карста.

При интенсивном развитии карстовых процессов возникает чрезвычайно характерный и своеобразный карстовый ландшафт. Поверхностный сток воды совершенно или почти совершенно прекращается, местность становится безводной. Вся вода просачивается вглубь известняков и стекает там подземными ходами, образуя иногда крупные подземные реки. На поверхности исчезает столь характерный для эрозионных процессов долинный ландшафт. Вместо него возникают замкнутые котловины и углубления самых разнообразных размеров и формы. Образование на поверх-

ности аллювиальных россыпей становится, конечно, при этом невозможным.

Поэтому, говоря в дальнейшем об особенностях россыпей в закарстованных известняках, мы будем подразумевать лишь такое развитие карста, при котором реки не иссякают совершенно, хотя и делаются менее многоводными, долинный ландшафт сохраняется и лишь в деталях пополняется карстовыми формами рельефа, в общем когда карстовые процессы играют не доминирующую роль, но лишь создают некоторые своеобразные детали в ходе нормальных эрозионных процессов.

7. Влияние карстовых процессов на россыпи

Влияние легкой растворимости известняков сказывается уже на характере элювиальных россыпей. Хотя известняки реже, чем другие породы, вмещают золоторудные месторождения, тем не менее такие случаи совершенно не исключены и в наших золотоносных районах довольно многочисленны. Растворимость известняков оказывает влияние на состав элювиально-делювиальных россыпей, их форму и богатство металлом.

И в элювиальных, а особенно в делювиальных россыпях происходит перемешивание металлоносного обломочного материала с элювием окружающих пород. При растворении известняков происходит накопление остаточных элювиальных продуктов, которые в зависимости от первичного состава известняков могут носить или песчаный или глинистый характер. Чаще это глины, окрашенные окислами железа в желтые, красные или бурые цвета. Иногда они плотным слоем покрывают поверхность известняка, заиливая в нем все трещины, чем прекращают дальнейшее развитие карстового процесса. В условиях интенсивного физического выветривания присутствие в глинах грубообломочного известнякового элювия препятствует такому заиливанию.

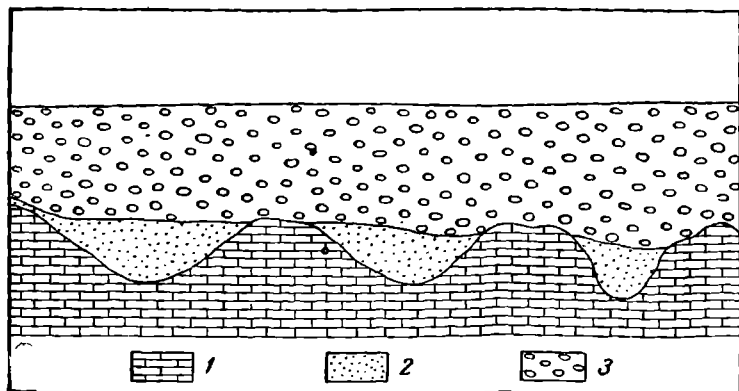
Благодаря перемешиванию с этими глинами металлоносные элювиальные россыпи также приобретают глинистый состав. Так как уменьшение массы известнякового элювия вследствие растворения идет более интенсивно, чем элювия золоторудной жилы, то последний расползается во все стороны от выхода жилы, значительно увеличивая контуры элювиальной россыпи по сравнению с контурами жилы. Так как в процессе перемешивания элювий жилы преобладает над известняковым элювием, то в результате его разубоживание элювиальной россыпи не очень велико. При одинаковом богатстве коренного месторождения элювиально-делювиальные россыпи, залегающие в известняках, обычно богаче, чем залегающие в других породах.

Механические свойства известняков не вызывают каких-либо особенностей в процессе углубления и расширения долины. Правда, известняки являются довольно мягкими и сравнительно легко истираются, но зато вследствие своей однородности и некоторой пластичности они неохотно образуют трещины, и потому выкрашивание их в процессе углубления русла играет лишь весьма подчиненную роль. В общем, если отбросить влияние карстовых процессов, преобразование долины в известняках протекает, конечно, значительно скорее, чем в кварцитах, гранитах, гнейсах и пр., но заметно медленнее, чем в глинистых сланцах. Особенно неподатливыми являются некоторые кремнистые и песчанистые известняки и тонкозернистые доломиты. Углубление долины может протекать не только с образованием каньона, но и V-образной долины.

Иногда на процесс углубления долины может заметное влияние оказывать растворение известняков. В тех случаях, когда развит подземный карст, часть речной воды поглощается карстовыми полостями, количество воды в реке уменьшается, и ее эрозионная деятельность замедляется.

С другой стороны, речная вода в период углубления долины может оказывать растворяющее действие на коренное известняковое дно русла, являясь заметным фактором его углубления.

Растворение известняков протекает далеко не равномерно во всех точках коренного дна. В зависимости от самых незначительных колебаний в составе известняков, их сложении, трещиноватости одни участки коренного дна растворяются значительно легче и быстрее, чем другие. В результате этого на коренном известняковом дне возникают разнообразные карстовые полости, разделенные между собою более или менее значительными



Фиг. 103. Схематический разрез корчажвой россыпи.

1 — известняк; 2 — пески; 3 — торфа.

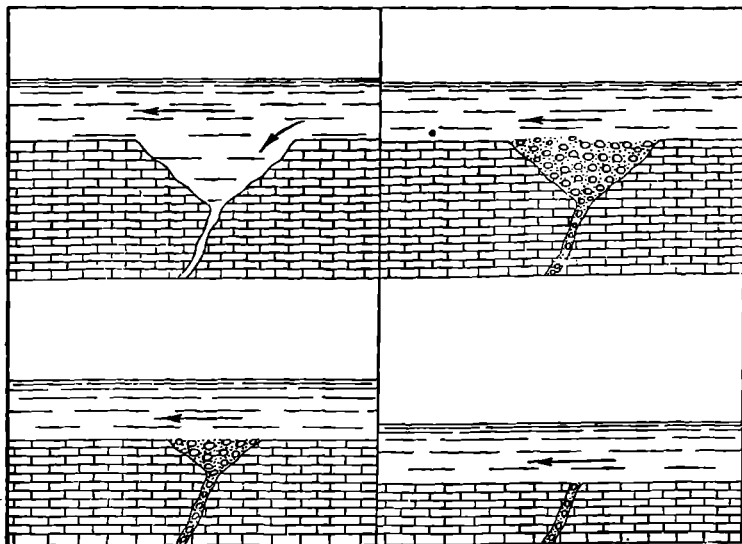
выступами дна. Галька, попадающая в эти полости и испытывающая в них вращение, еще более их рассверливает. Одни из этих полостей существуют в течение длительного срока, как бы опережая в своем углублении другие части русла, другие в конце концов исчезают, заменяясь новыми, возникающими в иных участках русла. Размеры и форма всех этих неровностей коренного дна чрезвычайно разнообразны: одни из них представляют лишь небольшие карманы в несколько дециметров в поперечнике, другие измеряются метрами и десятками метров.

К концу углубления русла и началу накопления наносов коренное известняковое дно его также покрыто подобными неровностями, которые, погребаясь аллювием, сохраняются, как неровности плотика. Эти неровности оказывают большое влияние на распределение металла в россыпи. Часто значительная часть металла бывает сосредоточена именно в этих карманах, ямах и пр., в то время как разделяющие их выступы плотика бывают совершенно пусты. Богатство того или иного углубления зависит от условий концентрации в нем металла. Если течение могло вымывать из него гальку, но не могло вымывать металла, то концентрация последнего может быть очень велика. Если течение вымывало вместе с галькой и металл или, наоборот, не могло вымывать даже гальку, то концентрация металла невелика.

Обычно замечается, что в небольших карманах наилучшая концентрация металла наблюдается в самой глубокой части плотика. Иногда из таких карманов часть металла вымывается и распределяется веером непосредственно ниже по течению. В более крупных углублениях плотика наиболее значительная концентрация металла обычно наблюдается на его подъеме вниз по течению. По мере накопления аллювия все эти неровности плотика постепенно им закрываются. В зависимости от мощности металлоносного пласта наиболее богатые гнезда с максимальной мощностью

песков и максимальным содержанием металла могут оказаться разделенными или более бедными или даже совсем пустыми участками. В последнем случае россыпь обычно называют «корчажной» (фиг. 103).

Помимо подобных, чисто поверхностных карстовых углублений, в коренном известняковом дне русла могут также возникать углубления, связанные с подземными карстовыми полостями и представляющие не что иное, как их выход на поверхность. Подобные углубления поглощают воду, стягивая ее к себе со всех сторон, и постепенно ею разрабатываются, приобретая форму крутостенной воронки; в деталях эта форма может быть



Фиг. 104. Уничтожение карстовой воронки при углублении русла.

очень разнообразна. Подобные воронки в русле обычно бывают забиты аллювиальным обломочным материалом, сквозь который вода и просачивается в воронку. Если нижнее отверстие воронки достаточно широко, то аллювиальный обломочный материал может проникать и в подземные карстовые полости, где он уже выходит из сферы нашего наблюдения.

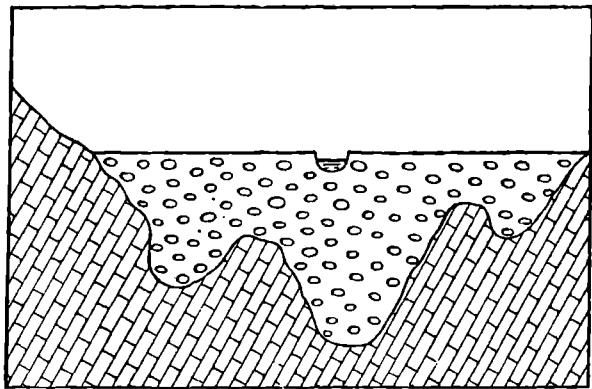
Просачивающаяся в воронку вода оказывает на ее стенки растворяющее действие и постепенно ее расширяет и углубляет. В фазу глубинной эрозии углубление воронки может идти или впереди углубления русла, и тогда воронка существует непрерывно, или отставать от него, и тогда воронка может быть уничтожена (фиг. 104). Это происходит тогда, когда воронка плотно забивается аллювиальным материалом, прекращающим или сильно уменьшающим циркуляцию в ней воды. Продолжающееся углубление русла уничтожает воронку и размывает выполняющий ее аллювиальный материал, вскрывая более узкую подземную карстовую полость или просто поглощающую трещину в известняках. На ее выходе в дальнейшем вновь может возникнуть карстовая воронка.

Образование и развитие карстовых воронок может продолжаться и после того, как преобразование долины закончено. При углублении воронки выполняющий ее аллювий испытывает оседание, создавая воронкообразное углубление и на поверхности. Если воронка расположена непосредственно под руслом или вблизи него, то это углубление очень быстро заполняется аллювием, если в стороне от русла, — то оно может быть

заполнено аллювием лишь при боковых перемещениях русла. Таким путем могут возникать чрезвычайно глубокие воронки, доверху заполненные аллювием. Так как по поверхности плотика между воронками также происходит сток пресачивающейся сюда воды, то и здесь в плотике могут образоваться весьма значительные углубления в форме ям, каналов и пр. При этом первичная поверхность плотика со всеми ее неровностями, конечно, подвергается уничтожению.

Глубина подобных провалов карстового плотика может быть весьма значительна и совершенно не зависит от базиса поверхностной эрозии. Пределом ее является глубина циркуляции карстовых вод, определяемая положением того водоупорного горизонта, по поверхности которого происходит их сток в горизонтальном или близком к нему направлении. Так как образование

этих провалов компенсируется на поверхности соответствующим накоплением аллювия, то мощность последнего в карстовых долинах может чрезвычайно сильно и резко изменяться (фиг. 105); нередко случаи, когда на расстоянии каких-нибудь 10—20 м от одного шурфа к другому она изменяется от нескольких метров до десятков метров. Карстовые воронки, образующиеся на склонах и



Фиг. 105. Изменения мощности аллювия в поперечном сечении долины при карстовом плотике.

вершинах возвышенностей, а также и в речных долинах, но вне зоны боковых перемещений русла, уже не заполняются вновь обломочным материалом, а сохраняются в виде воронок же и на земной поверхности.

В отличие от первичных неровностей карстового плотика, возникающих перед отложением аллювия, вторичные его неровности, возникающие уже под толщей аллювия, а также карстовые воронки неблагоприятны для концентрации металла. Заполнение воронок аллювием происходит беспорядочно, без какой-либо сортировки материала по удельному весу. В самой воронке процессы обогащения также не имеют места, так как при нисходящей циркуляции в ней воды из нее не происходит вымывания песчано-галечного материала. Единственный мыслимый здесь процесс обогащения — это осаждение вниз металла, рассеянного в толще аллювия, но роль этого процесса вообще не очень значительна, а особенно в условиях глинистых наносов, обычно выполняющих карстовые воронки.

Даже те более обогащенные металлом участки аллювия, которые возникают при образовании россыпи в первичных неровностях плотика или в толще самого аллювия, при последующем углублении плотика и оседании всего аллювия значительно разубоживаются, подвергаясь перемешиванию с более бедным или даже совершенно пустым аллювием. При очень значительном оседании первоначально богатые участки могут даже стать непромышленными, при этом, конечно, мощность и общее количество металлоносных песков соответственно увеличиваются. Другим результатом оседания аллювия является нарушение его слоистости и более или менее правильного расположения в нем гальки; вся россыпь оказывается естественным путем перебоуторенной.

Иногда в карстовых воронках и глубоких провалах карстового плотика ожидают найти необыкновенно богатые концентрации металла. Подобные ожидания обычно мало обоснованы. В первичных неровностях плотика концентрации, действительно, могут быть весьма велики, в карстовых воронках они обычно весьма незначительны, в глубоких вторичных провалах плотика — в лучшем случае те же первичные концентрации, но сильно разубоженные.

В 1927 г. в Алданском районе была сделана попытка найти «золотой сундучок» на дне карстовой воронки. В вершине рч. Джеконды (так называемая Ясная Поляна) в одну из карстовых воронок была задана шахта; на глубине, кажется, 18 м она была остановлена, не дойдя до плотика и не дав, конечно, никаких результатов. В зиму 1927—1928 гг. в том же районе в вершине рч. Онье один из разведочных шурфов совершенно случайно попал на необыкновенно глубокий карстовый провал плотика. При умеренной глубине всех соседних шурфов этот шурф был пройден до глубины 75 м, не достигнув плотика и остановившись на галечниках с ничтожными знаками золота. Так как дальнейшая углубка шурфа требовала переоборудования его в шахту, а особенно хороших результатов от него ждать не приходилось, шурф был остановлен.

8. Общая характеристика россыпей с известняковым плотиком

Таким образом аллювиальные россыпи, залегающие на известняковом плотике, как правило, характеризуются чрезвычайно неравномерным, «корчажным» распределением металла. Отдельные металлоносные кочки, чаще небольшие по размерам, залегают в углублениях плотика и характеризуются повышенной мощностью песков и повышенным содержанием металла. При глубоких впадинах плотика и небольшой мощности песков отдельные кочки отделены друг от друга пустыми или почти пустыми промежутками. При незначительных углублениях плотика и большой мощности песков неравномерность распределения металла значительно сглаживается.

Глубина залегания плотика может на очень коротких расстояниях изменяться от немногих метров до нескольких десятков метров. Подобные глубокие провалы плотика неблагоприятны для концентрации металла. Когда остаточным продуктом выщелачивания известняков являются глины, состав аллювиальных отложений является сильно глинистым. В районах с развитием вечной мерзлоты россыпи, залегающие на закарстованных известняках, являются чаще всего талими и безводными. Ключи, орошающие такие долины, наполняются водой лишь весной и после сильных дождей. В тех случаях, когда известняки по каким-либо причинам неблагоприятны для развития карста, залегающие на них россыпи или обладают лишь частью перечисленных признаков, или приближаются к нормальным аллювиальным россыпям.

Как пример аллювиальных россыпей с весьма неравномерным распределением металла в неровностях известнякового плотика, можно указать золотоносные россыпи Южного Урала, Енисейской тайги, Марининской тайги и др. Многие россыпи Алданского и Учурского районов представляют пример развития безводных таликов в районах вечной мерзлоты. В то же время россыпи Алдана, залегающие на известняках, сохранившихся поверх архея небольшим слоем, чаще являются мерзлыми.

Для поисковых работ россыпи с известняковым плотиком не представляют каких-либо особенностей, если они не залегают в безводных долинах. В последнем случае они могут быть опробованы лишь весной и после дождей, что уже является очень большим неудобством. Для разведки рос-

сыпи с известняковым плотиком, благодаря своему безводному талому грунту, являются исключительно благоприятными и в этом отношении стоят вне конкуренции. Даже безводность ключей не является неудобством, так как воду для промывки проб и в других условиях приходится обычно добывать таянием снега или льда. Неудобством этих россыпей для разведочных работ является присутствие в них глубоких провалов плотика, благодаря чему нельзя достаточно точно спроектировать разведку и иногда приходится оставлять шурфы недобитыми. Большая неравномерность распределения металла неблагоприятно отражается на точности подсчета запасов.

При разработке подобных россыпей основным неудобством является недостаток воды. Во многих случаях дражная и гидравлическая разработка таких россыпей из-за отсутствия воды и водопроницаемости плотика бывает совершенно неприменима. Экскаваторные работы благодаря талому грунту прекрасно применимы для вскрыши торфов, а при достаточно ровном или сильно выветрелом плотике — и для добычи песков. В типичных корчажных россыпях наиболее рациональны мускульные работы, и не столько хозяйские, сколько старательские. Талый безводный грунт делает исключительно легкой добычу песков, но обычно бывают затруднения с их промывкой, тем более что пески часто бывают глинистыми, непромывистыми. Иногда приходится в течение большей части года заниматься выгрузкой песков и лишь один раз в год, весенней водой, промывать их. Такой способ, например, был применен при разработке одного прииска в Алданском районе. Для эксплуатационных работ это, конечно, является громадным неудобством.

Помимо россыпей, залегающих непосредственно на карстовом плотике, есть еще одна категория россыпей, многие особенности которых обусловлены карстовыми процессами, хотя бы эти россыпи даже и не лежали на известняках. Это россыпи, залегающие в долинах, куда направлен сток карстовых вод. Обычно они располагаются по периферии области закарстованных известняков — там, где выходят на поверхность подстилающие известняки водоупорные горизонты.

Большой приток в эти долины теплых карстовых вод приводит к многоводности орошающих их рек и к сильной водоносности аллювиальных отложений. Разведка подобных долин шурфовкой обычно становится невозможной, так как с притоком воды не справляются ни водоотлив, ни проморозка. Наилучшим способом разведки в этих условиях является бурение. При разработке россыпей отсутствие мерзлоты и изобилие воды создают в противоположность карстовым россыпям весьма благоприятные условия для постановки дражных и гидравлических работ.

В тех случаях, когда мощность аллювия в этих долинах невелика или когда в нем неглубоко от поверхности присутствуют водоупорные прослои, большой приток зимою карстовых вод может приводить к развитию очень больших наледей, являющихся значительной помехой при всех видах работ. На Алдане долины с большим притоком карстовых вод располагаются вдоль границы известняков с подстилающими их породами архея.

При широком оледенении среднегорных стран иногда возникает сложная переплетающаяся сеть ледниковых долин (см. ниже). Ледники, выполняющие подобную долинную сеть, имеют в плане прихотливую сетчатую форму. Такие ледники пользовались развитием в Аллах-Юнском районе во время четвертичного оледенения.

Кроме того, существует еще несколько более мелких типов ледников, не представляющих для нас интереса.

Долинные ледники различных типов пользуются в настоящее время развитием во многих горных странах, как Альпы, Кавказ, Памир, Тянь-Шань, Алтай, Скандинавские горы и пр. Но все же, если не считать Гренландию и Антарктику, развитие оледенения в настоящее время сравнительно невелико. В прошлые геологические периоды неоднократно бывали эпохи чрезвычайно обширных оледенений, когда льды покрывали значительную часть суши. Последнее из этих оледенений было уже в четвертичное время. Это оледенение распадается на несколько ледниковых эпох, разделенных между собою межледниковыми эпохами — эпохами уменьшения, а местами и исчезновения ледников.

Наличие в Сибири широкого оледенения в четвертичный период долгое время отрицалось. В настоящее время установлено, что и Сибирь наравне с другими странами подвергалась в этот период чрезвычайно широкому и притом неоднократно оледенению. Следы этого оледенения установлены, между прочим, в золотоносных районах: Ленском, Каларском, Аллах-Юнском, Колымском и др. Так как процессы оледенения разыгрываются преимущественно в речных долинах, то они не могут не оказать своего влияния на залегающие в этих долинах аллювиальные россыпи, а также на россыпи, возникающие во время самого оледенения и по его окончании.

В ряде районов развитие поисково-разведочных работ уперлось в невозможность освоения участков, подвергавшихся оледенению, и в полную неразработанность методики опробования и оценки золотоносных ледниковых долин. Для того чтобы не теряться при встрече со следами бывшего оледенения и уметь ориентироваться в особенностях россыпей, им обусловленных, россыпник должен быть достаточно хорошо знаком как с ледниковыми формами рельефа, так и с ледниковыми отложениями.

2. Ледниковые формы рельефа

В деятельности ледников, как и в деятельности рек, можно различать две стороны — эрозию и аккумуляцию. Эрозионная деятельность ледников заключается главным образом в обработке дна и бортов речных долин, которые лед выполняет и по которым он передвигается. При этом возникают весьма своеобразные и характерные формы долин как в поперечном, так и в продольном профиле. При движении ледника на его поверхности, внутри льда и под ним скапливается значительное количество обломочного материала, который ледником перемещается вниз по долине и по стаиванию ледника отлагается. При этом возникают аккумулятивные формы ледникового рельефа, которые настолько тесно связаны с ледниковыми отложениями, что должны рассматриваться вместе с ними. Сейчас мы рассмотрим главнейшие эрозионные формы ледникового рельефа.

Лед, выполняющий долины, обычно имеет значительную мощность, достигающую нескольких сотен метров. Благодаря этому он оказывает большое давление на дно и нижнюю часть склонов долины и при своем движении встречает с их стороны весьма значительное сопротивление. При этом ледник сдирает весь обломочный материал, покрывающий поверхность долины, и, действуя им, как карбундом, производит дальнейшее

углубление дна и бортов долины. Вполне естественно, что ледник стремится придать долине такую форму, при которой он будет встречать с ее стороны наименьшее сопротивление своему движению. Такая долина имеет корытообразный поперечный профиль и носит название трога (фиг. 112).

Чем больше мощность льда, тем сильнее он эродирует дно долины. В узких горных долинах мощность льда бывает очень велика, и такие долины довольно быстро превращаются в трог. Если ледник выходит в очень широкую долину, то мощность и эрозионная сила льда значительно уменьшаются. Вместе с тем, благодаря более пологому уклону крупных



Фиг. 112. Троговая форма ледниковой долины.

долин уменьшается и скорость движения ледника. Поэтому превращение широких с пологим уклоном долин в трог совершается значительно труднее и далеко не всегда.

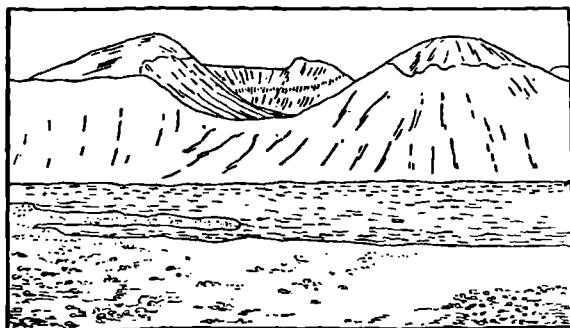
Прекрасным примером может служить долина р. Аллах-Юны, которая при ширине от 2 до 4 км сплошь выполнена ледниковыми отложениями на протяжении свыше 200 км, но отнюдь не имеет формы трога.

В продольном профиле долины ледниковая эрозия распределяется далеко не равномерно. Она усиливается там, где сопротивление долины движению ледника, а вместе с тем и мощность последнего увеличиваются. Это обычно бывает на крутых заворотах долины, при ее сужениях или при резком уменьшении ее уклона. Во всех этих случаях дно долины оказывается переуглубленным по сравнению с нижележащим участком. Здесь образуются котловины выпаивания, которые вниз по долине замыкаются выступом коренного дна. Этот выступ часто перегородаживает долину во всю ее ширину и носит название ригеля. Таким образом, в отличие от речной эрозии ледниковая глубинная может протекать независимо от углубления долины ниже по течению.

Так как выполненные льдом долины совершенно не связаны друг с другом в своем углублении, то последнее протекает независимо в каждой из долин, почему все они могут располагаться на самых различных уровнях. Часто главная долина оказывается значительно переуглубленной по сравнению с боковыми. Последние в этом случае являются висячими, образуя при выходе в главную долину резкий уступ (фиг. 113). Высота этого уступа может быть очень велика и иногда достигает 300—400 м.

Если мощность ледника достаточно велика, то, выполнив долину до уровня наиболее низких седловин, он может дать через них боковые языки, так называемые переметные ледники, а соседние долины, где ледники или отсутствуют или обладают более низким уровнем. Такой переметный ледник, постепенно эродируя седловину, может значительно ее углубить, и две ледниковые долины окажутся соединенными между собою сквозной боковой долиной. Образование более значительных сквозных долин происходит несколько иным путем. При большой мощности ледника, выполняющего главную долину, от него могут отходить боковые языки в долины притоков, не имеющие собственных ледников. Эти боковые ледники будут двигаться по долинам притоков снизу вверх, навстречу

течением. Они могут выполнить долины до самых верховьев и, если ограничивающие долины перевалы не очень высоки, даже перевалить в смежную речную систему. Постепенно эродируя перевальную седловину, они могут проработать сквозную долину, соединяющую две разные речные системы.

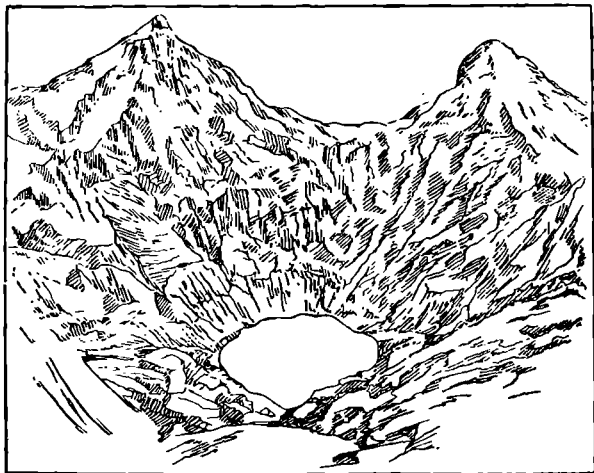


Фиг. 113. Висячая боковая долина в ледниковом трого.

(фиг. 114). Подобные чаши называются цирками или карами. Дно цирка часто имеет некоторое повышение в сторону начинающегося из него трога. Иногда на стенках цирка на некоторой высоте над его дном располагаются в виде нишеобразных углублений цирки или кары второго порядка. Крутые скалистые стенки соседних каров, пересекаясь сверху между собою, дают чрезвычайно резкие, зубчатые и пикообразные формы вершин, разделенные между собою глубокими седловинами. Такие резкие, «альпийские» формы рельефа весьма характерны для каровых областей большинства районов, подвергавшихся оледенению.

Так, в Колымском районе некоторые вершины гранитной Порожной цепи, пересекающей течение рек Колымы и Бохапчи, настолько круты и скалисты, что являются совершенно недоступными.

Ледниковая эрозия, так же как и водная, протекает двумя путями: с одной стороны, истира-



Фиг. 114. Ледниковый кар с озером.

нием, царапанием, шлифованием подстилающих коренных пород, с другой — их выкрашиванием после предварительного подледникового выветривания. Породы более устойчивые по отношению к выветриванию, как, например, граниты, разрушаются преимущественно истиранием и выламыванием крупных глыб; менее устойчивые, как глинистые сланцы, — преимущественно выкрашиванием.

Участки коренных пород, подвергшихся обработке ледником, часто сохраняют оглаженную, отшлифованную поверхность с отдельными сохранившимися на ней ледниковыми шрамами и царапинами. Подобные выходы коренных пород носят название «бараньих лбов». Лучше и дольше

Подобного рода сквозные долины соединяют верховья р. Аллах-Юны с верховьями р. Белой.

Самое верховье трогаобразной долины, где происходит накопление фирна, также обладает весьма характерной формой; оно представляет полукруглую чашу с чрезвычайно крутыми скалистыми стенками, постепенно выполаживающимися книзу и переходящими в плоско-вогнутое дно чаши

Всего следы ледниковой обработки сохраняются на поверхности гранитов, но в условиях интенсивного выветривания и граниты довольно скоро после окончания оледенения утрачивают следы обработки их ледником. Глинистые сланцы благодаря своей трещиноватости совершенно не образуют типичных «бараньих лбов». В Аллах-Юнском районе мне приходилось на значительном протяжении ледниковых долин наблюдать их обработанное ледниками коренное дно, сложенное глинистыми сланцами. Последние выступали на дне долин в виде довольно плоских, сильно вытянутых возвышений, имеющих в плане сигарообразную форму. Высота таких выступов измерялась несколькими метрами при ширине в десятки метров и длине в сотни метров; вытянуты они по длине долины. На их поверхности глинистые сланцы были представлены обычной, сильно выветрелой сланцевой щеткой, на которой нельзя было заметить никаких непосредственных следов ледниковой обработки.

Таким образом ледниковая эрозия создает весьма характерные формы рельефа, главнейшими из которых являются троговые долины, котловины выпахивания, ригели, висячие и сквозные долины, кары, пиксообразные формы вершин. Деталью ледниковой обработки являются «бараньи лбы» и ледниковые царапины, сохраняющиеся лишь на более устойчивых породах. Помимо того, имеется целый ряд характерных форм рельефа, обязанных своим происхождением совместной работе ледниковой и водной эрозии.

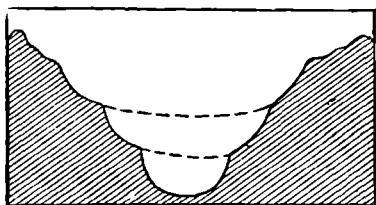
Как уже отмечалось, четвертичное оледенение распадается на несколько ледниковых эпох, в промежутки между которыми созданные ледниками формы рельефа подвергались обработке и преобразованию водной эрозией. Выработанные водно-эрозионные формы рельефа в следующую ледниковую эпоху вновь подвергались ледниковой обработке. Такое чередование водной и ледниковой эрозии могло повторяться несколько раз. В менее значительных участках долин оно могло даже иметь место в течение одного оледенения при последовательных отступаниях и наступаниях конца ледника. Наконец, в области таяния ледника возможна одновременная и параллельная работа и ледниковой и водной эрозии.

Очень часто в межледниковые эпохи горные страны испытывают поднятия, в результате которых молодые эрозионные долины врезаются в поверхность старых ледниковых; участки последних сохраняются в виде ледниковых террас. При новом оледенении углубленные эрозионные долины заполняются льдом и постепенно приобретают форму трога. Так могут образоваться два и даже несколько трогов, как бы вложенных один в другой (фиг. 115). Если поднятия происходят во время оледенения, то преобразование долин может распространиться вверх по речной сети лишь до нижнего конца ледников. Участки долин, занятые ледниками, подвергнуться преобразованию водной эрозией не могут. Таким путем в продольном профиле долины образуется уступ, который при последующем наступании ледника будет им обработан и превратится в уступ ледниковой долины.

Иногда при временном отступании ледника главной долины боковые долины продолжают оставаться занятыми льдом. Подвергнуться преобразованию водной эрозией в этом случае может лишь главная долина, которая тем самым окажется переуглубленной по отношению к боковым. В дальнейшем углубленная главная долина может опять превратиться в трог. Таким путем также возникают висячие боковые долины.

В тех участках горной страны, где наряду с ледниками могут существовать и водные потоки, возникают очень интересные формы рельефа. Долины притоков, не занятые ледниками, оказываются подпругенными ледником главной долины и, наполняясь водой, образуют озера. По мере повышения своего уровня эти озера соединяются друг с другом протоками, которые возникают или вдоль края ледника или на месте наиболее низких седловин

в водоразделах между притоками. В первом случае вдоль края ледника параллельно ледниковой долине создается новая эрозионная долина, расположенная на некоторой высоте над первой (фиг. 116). У нижнего конца ледника эта параллельная долина соединяется с прежней эрозионной долиной, образуя здесь уступ продольного профиля, который благодаря отстающей эрозии постепенно передвигается вверх по течению. В конце



Фиг. 115. Система вложенных трогов.

концов новая эрозионная долина может оказаться углубленной до уровня ледниковой и по окончании оледенения обе они будут существовать рядом, местами соединяясь, местами разделяясь высокой скалистой стенкой, примерно равной по высоте мощности ледника. Часто такие параллельные долины возникают лишь в отдельных участках, вызывая здесь образование таких же скалистых стенок, которые на первый взгляд кажутся каким-то чудом уцелевшими на дне долины.

Если соединение озер происходит через седловины, то сначала здесь образуются протоки, которые по мере своего углубления превращаются в эпигенетические участки. Так закладывается новая эрозионная долина, примерно параллельная старой, но идущая в некотором расстоянии от нее и пересекающая долины притоков. Если формирование ее продольного профиля заканчивается ранее исчезновения ледника, то река уже не возвращается в старую ледниковую долину, которая распадается на отдельные участки, занятые какими-либо небольшими притоками. Новая эрозионная долина во время следующего оледенения или усилении того же самого может оказаться захваченной ледником и преобразованной им в трог. Таким путем иногда возникает чрезвычайно сложная персплетаящаяся сеть

ледниковых долин. Подобное строение долинной сети весьма характерно для верховьев р. Аллах-Юны, где очень широкие древние ледниковые долины идут независимо от современной гидросети и часто пересекают более поздние крупные эрозионные долины.

Иногда озеро, образовавшееся в долине подпруженного притока, может получить сток не в один из смежных притоков, а через седловину главного водораздела в смежную речную систему. Таким путем может возникнуть сквозная эрозионная долина, которая при последующем разрастании оледенения может превратиться в ледниковую.

По окончании оледенения все ледниковые формы рельефа постепенно преобразуются водной эрозией. Если продольный профиль троговых долин соответствует нормальному продольному профилю располагающихся в них водных потоков, то они сохраняются без сколько-нибудь существенных изменений до следующего понижения базиса эрозии. Лишь в их средней части вдоль русла формируется пойменная часть долины, заполненная послеледниковыми аллювиальными отложениями. Если продольный профиль троговых долин слишком крут или в нем имеются уступы, то в дно трогов начинают врезаться молодые эрозионные долины.

Особенно интенсивно работа глубинной эрозии протекает в приустевых частях висячих боковых долин. Здесь реки узкими и глубокими каньонами врезаются в дно трогов, нередко образуя водопады. Отсюда врезание обычным порядком распространяется вверх по боковым долинам. Котловины выпахивания по окончании оледенения заполняются водой, образуя озера иногда довольно значительных размеров. Эти озера получают сток через наиболее пониженную часть ригеля; здесь образуется протока, постепенно пропиливающая ригель и превращающаяся в крутой поток, текущий в узком и глубоком каньоне. Через эту протоку озеро может быть совершенно спущено.

До тех пор пока водные потоки, занявшие ледниковые долины, находятся в фазе глубинной эрозии, ледниковые формы рельефа сохраняются достаточно четко. Но как только эти потоки переходят к расширению своих долин, следы оледенения постепенно уничтожаются и, наконец, становятся нечетливыми. Последнее из четвертичных оледенений закончилось настолько недавно, что реки, занявшие ледниковые долины, местами лишь только начинают врезаться в их дно, местами же текут по их поверхности.

3. Ледниковые отложения

Накопление обломочного материала, переносимого ледниками, происходит отчасти путем поступления его со склонов долины на поверхность ледника, отчасти вследствие разрушения дном ледника подстилающих коренных пород. Всякое скопление обломочного материала, перемещаемое или отложенное ледником, носит название морены. Материал поверхностных морен, отчасти проваливаясь в трещины ледника, может образовывать внутренние морены. Весь этот материал перемещается ледником без какой-либо особой его обработки. Поэтому он сохраняет свою угловатость и по существу ничем не разнится от обычного делювиального материала склонов.

Наоборот, материал, перемещаемый под дном ледника, подвергается чрезвычайно сильной механической обработке. Слагающие его обломки пород испытывают под громадным давлением ледника очень сильное трение как друг о друга, так и о подстилающие коренные породы. В результате они дробятся, крошатся, окатываются, царапаются, давая значительное количество мелкого песчано-илистого и даже глинистого материала. В тех участках долины, где сохранились остатки прежнего аллювиального покрова, весь этот материал может смешиваться с хорошо окатанным аллювиальным материалом.

По мере таяния ледника и уменьшения его мощности переносимый им материал постепенно отлагается. Наибольшее отложение, конечно, имеет место там, где ледник заканчивается. Здесь материал поверхностных морен соединяется с материалом внутренних и донной морены. При долговременном стоянии конца ледника на одном месте здесь накапливается громадное количество обломочного материала, образующего конечную морену. Последняя дугой окружает конец ледника и имеет форму более или менее непрерывного или прерывистого вала, обращенного выпуклой стороной вниз по долине. Поверхность этого вала обычно чрезвычайно неровная, покрыта многочисленными котловинами и ямами, чередующимися с небольшими холмообразными возвышениями. Высота конечной морены зависит от продолжительности пребывания конца ледника на одном месте; чаще всего она измеряется десятками метров, иногда достигая нескольких сот метров. В. И. Серпухов наблюдал на Чукотском полуострове конечные морены до 150—200 м высотой.

Если отступление конца ледника происходит достаточно быстро и равномерно, то дно покинутой им долины остается выстланным материалом

донной морены, поверх которой при стаивании ледника отлагается материал внутренних и поверхностных морен, образующий в долине или неправильные холмообразные нагромождения или сравнительно правильные валы, вытянутые по длине долины (срединные морены). В бортовых частях долин в виде валообразных или террасообразных возвышений располагаются боковые морены.

Если отступление ледника происходит с длительными остановками или чередуясь с периодами некоторого его наступания, то каждая такая задержка знаменует образование вала конечной морены, которая тем значительнее по размерам, чем длительнее была остановка. Таким образом одну и ту же долину может перегораживать несколько конечных морен, и число их будет соответствовать числу остановок в отступании ледника.

Если долины притоков не имеют собственных ледников, то в своих приустевых частях они могут заполниться льдом из главной долины. Эти побочные ледяные языки заносят в долины притоков ледниковый обломочный материал, вызывая и здесь образование морен. Размеры этих морен значительно меньше, чем в главной долине. Так как движение льда в долинах притоков направлено навстречу течению, то в случае образования конечных морен последние обращены своей выпуклой стороной вверх по долине. Примеры подобного захвата ледником главной долины устьевых частей долин притоков довольно многочисленны в Аллах-Юнском районе.

При значительной разнице в степени обработки материала донной морены, с одной стороны, поверхностных и внутренних — с другой, все ледниковые отложения обладают двумя чрезвычайно характерными чертами — отсутствием слоистости и полной несортированностью материала. Наряду с мелким глинистым и песчано-илистым материалом в моренах присутствуют щебенка и хорошо окатанная галька доледникового аллювия, а также валуны самых разнообразных размеров. Передки валуны объемом в несколько кубометров. Особенно разнообразным по составу может быть материал конечной морены.

Водами, образующимися от таяния конца ледника, материал конечной морены подвергается перемыву. Наиболее крупные валуны остаются на месте, более мелкий материал вымывается, отлагаясь в долине ниже конечной морены в виде очень широкого и плоского конуса. Чем ближе к конечной морене, тем круче наклон боков конуса и тем грубее слагающий его материал. Ближе всего к морене отлагается довольно грубый булыжник, который совершенно постепенно сменяется галечником; ниже по долине располагаются песчаные, и наконец, наиболее тонкие илистые отложения. Все эти отложения называются флювиогляциальными, т. е. водно-ледниковыми.

От ледниковых отложений они довольно резко отличаются своей слоистостью, хотя и очень неправильной, лучшей окатанностью материала и его сортировкой по крупности и удельному весу. От типичных аллювиальных отложений они отличаются вблизи конечной морены менее окатанной и более крупной галькой и менее правильной слоистостью; вдали от конечной морены различие флювиогляциальных отложений от аллювиальных не всегда возможно. Иногда решающими признаками при этом являются связь с конечными моренами и соотношение с типичными флювиогляциальными отложениями.

Каждая конечная морена дает при размыве свой пояс флювиогляциальных отложений. Поэтому при отступании ледника флювиогляциальные отложения, как и конечные морены, могут возникать при каждой его задержке, располагаясь в различных участках по длине долины. Донные морены также подвергаются частичному перемыву талыми ледниковыми водами. Наиболее мелкий материал из них вымывается, отлагаясь в поясе флювиогляциальных образований. На месте остаются скопления углова-

тых и окатанных валунов и булыжников, совершенно лишённые мелкого материала, столь характерные для долин, подвергавшихся оледенению.

После отступления ледника в ледниковых долинах часто остаются довольно многочисленные углубления разнообразного характера: котловины выпавивания, неровности в поверхности донных морен, участки долин, подпруженные конечными моренами, и пр. Все эти углубления заполняются водой и превращаются в озера. Благодаря тому, что талые ледниковые и послеледниковые воды являются сильно мутными, наиболее мелкие из этих озёр очень быстро заполняются песчано-илисто-глинистым материалом, образуя среди холмистого ледникового рельефа ровные горизонтальные площадки. Более водоёмкие озера могут существовать в течение длительного срока. Отложения ледниковых озёр будут нами рассмотрены в следующей главе.

Своеобразный характер имеют отложения покровного оледенения в горных странах. Движение для льда этого типа оледенения изучено очень мало, но, по видимому, оно совершается как бы двумя ярусами. В нижнем ярусе движение идет по направлению главных долин, т. е. так же, как и движение долинных ледников. В верхнем ярусе направление движения определяется рельефом верхнего уровня водораздельных возвышенностей и может быть иное, чем в нижнем. По границе двух ярусов возможно образование внутренней морены, благодаря обработке льдом верхнего яруса верхних частей возвышенности. При стаивании ледникового покрова на его поверхности могут образоваться значительные водные потоки, в которых будут производиться перенос и обработка обломочного материала, поступающего из наиболее возвышенных частей горной страны, которые первыми освободятся от сплошного ледяного покрова. Русло подобных надледниковых рек может быть выстлано довольно значительным слоем аллювия. При уменьшении мощности ледяного покрова этот аллювий будет в отдельных своих участках садиться на поверхность подстилающих лед коренных пород. При дальнейшем уменьшении мощности льда выступающие из-под него участки коренных пород заставят надледниковые реки изменить свое течение и начать приспособление к подледниковому рельефу местности.

После стаивания льда весь аллювиальный материал надледниковых потоков, а также и чисто ледниковый обломочный материал, располагавшийся на поверхности и внутри льда, оказывается опущенным на земную поверхность в самых случайных местах. Он присутствует и на дне речных долин, и на склонах возвышенностей, и в седловинах водоразделов, и на их вершинах. Песчано-илистый материал, а также щебенка местных пород не выделяются на общем фоне делювия, в то время как окатанный галечный материал, а также щебенка и валуны чуждых пород (так называемые эрратические) выделяются на фоне делювия очень резко. В отдельных участках, преимущественно в седловинах, надледниковый аллювий может даже сохраниться *in situ*.

Прекрасный пример развития отложений покровного оледенения дает Аллах-Юнский район. Здесь в области развития глинистых сланцев все возвышенности до 1100—1150 м абс. высоты несут на себе валунно-галечные отложения, состоящие в основном из пород, развитых отсюда в состоянии нескольких десятков километров. Значительный размер некоторых эрратических валунов (свыше 1,5 м³ в объеме) с несомненностью указывает на их ледниковое происхождение. Галька и крупные валуны представлены лишь теми породами, которые развиты сейчас выше уровня 1500—1600 м. Этот уровень примерно отмечает высотное положение поверхности ледяного покрова в области питания его обломочным материалом.

В настоящее время в области развития отложений покровного оледенения делювий, покрывающий склоны возвышенностей, содержит значительную примесь хорошо окатанного материала, а ключи, текущие в этой области, содержат в своих отложениях громадное количество гальки и валунов совершенно чуждых пород. Некоторые ключи, расположенные в расстоянии нескольких десятков километров от гранитов, обнаруживают в шлихе примесь касситерита, несомненно занесенного сюда во время покровного оледенения.

В некоторых седловинах валунно-галечные отложения пользуются особенно большим развитием и местами, возможно, даже залегают *in situ*. Все такие участки вытягиваются примерно в одну полосу, показывающую направление главного надледникового потока. Эта полоса расположена в общем параллельно современной долине р. Аллах-Юны в расстоянии нескольких километров к западу от нее. Покровное оледенение разыгрывалось, когда уровень долины Аллах-Юны был на 300—350 м выше современного. При высоте современной долины р. Аллах-Юны около 600 м и предельной высоте распространения валунно-галечных отложений 1100—1150 м мощность ледяного покрова можно оценить примерно в 200 м.

Другим примером развития покровного оледенения является Ленский район. Здесь, повидимому, были неблагоприятные условия для развития надледниковых потоков, поэтому пользуются распространением лишь эрратические валуны и валунные глины. Эрратические валуны встречаются на поверхности всех возвышенностей, за исключением самых высоких вершин. Эти же валуны принимают участие и в строении почти всех долинных отложений, выполняющих золотовосные долины района.

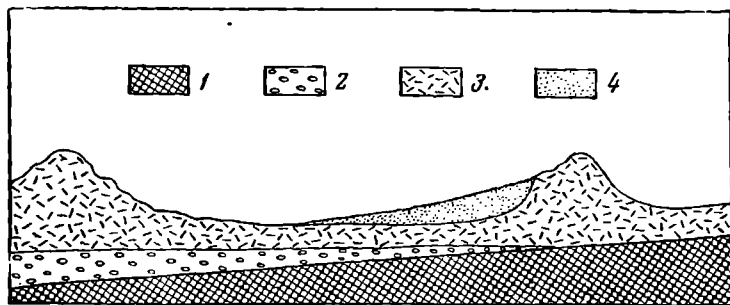
Ознакомившись в общих чертах с процессами оледенения, с создаваемыми ими формами рельефа и отложениями, можно перейти к рассмотрению обусловленных ими особенностей металлоносных россыпей.

4. Доледниковые россыпи ледниковых долин

Если до своего оледенения речная долина содержала аллювиальную долинную россыпь, то в результате оледенения эта россыпь может испытать двоякую судьбу: она или будет выпажана ледником или будет перекрыта его донной мореной. Для россыпника важнее всего знать, когда именно россыпь выпаживается и когда она погребается. Пример Аллах-Юнского района, где многие ледниковые долины верховьев р. Аллах-Юны на значительном протяжении имеют дно, сложенное коренными породами, не прикрытыми не только аллювием, но даже и ледниковыми отложениями, показывает, что выпаживание аллювия в некоторых случаях происходит весьма полно. С другой стороны, пример Ленского района, где доледниковые долинные россыпи перекрыты ледниковыми отложениями без признаков выпаживания, показывает, что последнее далеко не обязательно. К сожалению, гляциология не дает нам вполне ясных и определенных указаний, в каких случаях происходит выпаживание и в каких погребение аллювия.

Вряд ли ледник при своем движении может перемещать слой донной морены очень значительной мощности. Скорее всего, в движении находится лишь самый верхний слой морены, непосредственно прилегающий к нижней поверхности ледника. Внутреннее трение в материале донной морены не настолько велико, чтобы ледник мог сразу передвигать всю ее толщу мощностью иногда в 10—20 м. Можно предполагать, что мощность передвигаемого слоя не превышает 2—3 м. Его можно уподобить активному слою донных наносов.

Там, где мощность ледника возрастает, увеличивается его давление на донную морену и вместе с тем мощность активного слоя последней; где мощность ледника уменьшается, уменьшается его давление на донную морену и мощность ее активного слоя. Поэтому можно предполагать, что выпаживание имеет место преимущественно в области питания ледника, отложение — преимущественно в области его таяния. Но вообще и тот и другой процессы могут протекать в самых разнообразных участках долины, неоднократно чередуясь по ее длине в зависимости от местных изменений ее поперечного сечения и продольного уклона.



Фиг. 117. Случаи сохранения и выпаживания доледниковой россыпи под конечными моренами.

1 — плотик; 2 — доледниковый аллювий; 3 — донная и конечная морены; 4 — флювиогляциальные отложения.

Лишь недалеко от пояса конечных морен, там, где мощность ледника непрерывно и притом довольно быстро убывает, выпаживание уже не имеет места; здесь идет непрерывное отложение материала, и мощность донной морены все время возрастает. Из этого, однако, нельзя делать заключение, что выше пояса конечных морен, недалеко от него, доледниковая аллювиальная россыпь, не может быть выпажана, а должна сохраниться под покровом донной морены. Такое заключение справедливо лишь в отношении самого нижнего пояса конечных морен, соответствующего максимальному развитию ледника. Что касается конечных морен, расположенных выше по долине и соответствующих лишь остановкам в отступании ледника, то под ними и непосредственно выше них по долине доледниковая россыпь может сохраниться лишь в том случае, если она не была выпажана в период максимального развития ледника. Чем выше по долине расположена конечная морена, тем больше вероятия, что раньше на этом месте была расположена область выпаживания (фиг. 117). То же самое относится и к сохранности россыпи под флювиогляциальными отложениями, которые везде, кроме самого нижнего их пояса, залегают поверх донной морены.

Глубина погребения доледниковой россыпи моренными отложениями может быть различной. Мощность донной морены может изменяться от немногих метров до 20—30 м. Максимум она достигает непосредственно выше конечной морены. Мощность флювиогляциальных отложений также может быть весьма значительной; она максимальна вблизи конечной морены и постепенно убывает вниз по долине. Максимальная глубина погребения россыпи наблюдается под конечными моренами, где она может достигать сотен метров.

К ледниковым же долинам следует отнести и устьевые части долин притоков, занимаемые боковыми языками, заходящими сюда от ледника главной долины. Так как подобное явление более вероятно в области таяния ледника, чем в области его питания, то выпаживание россыпей в этих условиях мало вероятно, тем более, что ледниковым языкам приходится дви-

гаться против уклона долин, что значительно уменьшает их эродирующую силу.

В Аллах-Юнском районе по долине рч. Менджель сползал довольно крупный ледник, питавшийся с гранитных гольцов, расположенных по правым ее притокам.

Если доледниковая аллювиальная россыпь выпаживается ледником, то она вообще перестает существовать как промышленный объект. Если она погребается ледниковыми отложениями, то промышленная ценность ее значительно уменьшается. Прежде всего, вследствие ее погребения, ее довольно трудно, а часто и совершенно невозможно обнаружить поисковыми работами. Поэтому или приходится проектировать разведку наугад, без достаточных к тому оснований, или заранее ставить крест на всех долинах, покрытых ледниковыми отложениями; в последнем случае могут быть упущены иной раз весьма богатые россыпи, погребенные моренным материалом.

Проходку разведочных выработок в ледниковых отложениях иногда очень сильно затрудняют присутствующие в них крупные валуны, которые очень замедляют и удорожают производство как шурфовочных, так и буровых работ. В условиях вечной мерзлоты материал донных морен, кроме того, часто является благодаря своей глинистости очень нетайким. Механическая разработка таких россыпей очень затрудняется и часто делается невозможной, с одной стороны, вследствие сильной валунистости донной морены, с другой — потому, что мощная толща морены очень сильно разубоживает содержание металла во всей массе наносов. Обычно приходится прибегать к разработке таких россыпей подземными горными работами, что уже повышает требования как к содержанию металла, так и к мощности металлоносного пласта.

В тех случаях когда по окончании оледенения доледниковая россыпь или хотя бы перекрывающая ее донная морена оказываются прорезанными руслом реки, недостатки россыпи, вызванные ее погребением, значительно уменьшаются. В общем же можно сказать, что процессы оледенения, если не уничтожают доледниковые россыпи, то очень сильно их портят, не придавая им в то же время никаких положительных черт.

5. Ледниковые россыпи

Под ледниковыми россыпями следует понимать металлоносные ледниковые отложения. Таким образом сюда могут быть отнесены металлоносные морены боковые и срединные, донная, конечная, а также флювиогляциальные отложения. Металлоносность моренного материала, накапливающегося и перемещаемого на поверхности ледника, может быть обусловлена лишь металлоносностью делювия, поступающего сюда со склонов. Во время оледенения поверхность ледника является для склонов ледниковой долины своеобразным базисом денудации: здесь происходит накопление коллювия, но он не остается лежать у подножия склона, на котором расположено коренное месторождение, а вместе с ледником непрерывно перемещается вниз по долине. Под спускающийся от коренного месторождения металлоносный делювий подставляются все новые участки поверхности ледника. Поэтому здесь коллювиальная россыпь не представляет более или менее компактного скопления, как в обычных речных долинах, а растягивается вдоль края ледника на громадное расстояние, совершенно разубоживаясь остальным, неметаллоносным материалом боковой морены и обуславливая ее чрезвычайно слабую металлоносность.

Так как во время оледенения очень большую роль играют процессы морозного выветривания и вообще грубое измельчение обломочного материала преобладает над более мелким, а также над химическим выветриванием,

спускающийся со склонов делювий является обычно грубообломочным и значительную часть металла содержит заключенным в породе. Это еще более уменьшает содержание свободного металла в боковых моренах. Средние морены, образующиеся из боковых в месте слияния двух ледников, обладают в общем тем же характером металлоносности.

Металлоносность донных морен имеет несколько иной характер. Источником металла в донных моренах могут служить, с одной стороны, расположенные на дне долин доледниковые аллювиальные россыпи, с другой — коренные месторождения, выходящие под дном ледника — на дне и в нижних частях склонов занятых им долин.

Выпахивание ледником аллювиальной россыпи происходит не сразу. Сначала с нее сдираются торфа, потом постепенно в движение вовлекаются и металлоносные пески. Под влиянием давления и передвижения ледника в них происходят значительные внутренние перемещения, выражающиеся в их перемешивании и уничтожении их первоначального сложения. Однако, если они перемещены сравнительно недалеко, то несмотря на перемешивание с пустым материалом донной морены, они все-таки не теряют своей индивидуальности как металлоносного пласта, хотя и несколько разубоженного. Но чем дальше происходит перемещение их, тем больше они разубоживаются прочим материалом донной морены и, наконец, теряют свою индивидуальность, давая лишь убогую вкрапленность металла в разных участках донной морены.

Разрушение коренного месторождения, выходящего под дном ледника, происходит путем его истирания и выкрашивания. При истирании получают чрезвычайно тонкие частицы металла косового характера. При выкрашивании металл остается заключенным в кусках породы, но при дальнейшем своем передвижении этот материал может подвергнуться под дном ледника весьма совершенному дроблению с освобождением значительной части заключенного в нем металла. Полнота дробления зависит от характера руды, ее трещиноватости, минералогического состава и пр., от характера остального материала донной морены, от дальности переноса и от мощности ледника, т. е. давления, оказываемого им на донную морену. Так как разрушение коренного месторождения идет весьма постепенно и образующийся при этом обломочный материал непрерывно удаляется ледником, сколько-нибудь значительного содержания металла в донной морене образоваться не может.

В конечной морене происходит отложение и накопление обломочного материала, приносимого к концу ледника в составе донной и поверхностных морен. Поэтому металлоносность конечной морены носит такой же убогий и неправильный характер, как и морен, ее питающих. Никаких процессов обогащения в конечной морене не происходит. Таким образом, металлоносные морены обычно не представляют непосредственного промышленного интереса, за исключением, может быть, некоторых участков донных морен, обогащенных металлом за счет разрушения доледниковых аллювиальных россыпей.

Совершенно иной характер имеют металлоносные флювиогляциальные отложения. Здесь уже в очень сильной степени протекают процессы сортировки материала по крупности и удельному весу, а вместе с тем и процессы обогащения его металлом. Более крупные частицы металла отлагаются среди более грубого галечника, вблизи конечной морены, более мелкие сносятся дальше от нее. Накопление металлоносного материала в конусе флювиогляциальных отложений происходит до тех пор, пока длится размыв конечной морены тальми ледниковыми водами. Мощность возникающих металлоносных образований регулируется в основном поступлением нового материала и потому может быть весьма значительна, правда, при не очень большом содержании металла. Если после образо-

вания такой флювиогляциальной россыпи ледник испытает некоторое наступание, то россыпь может оказаться перекрытой слоем донной морены, лишь очень слабо металлоносным.

По существу, флювиогляциальными же следует считать и те участки донной морены, которые были перемыты тальми подледниковыми водами, стекавшими по ее поверхности там, где дно ледника неплотно к ней прилегало. В результате перебива такие участки могут обладать весьма заметным содержанием металла.

Ледниковые россыпи различного характера хотя и не пользуются очень большим распространением, но в то же время и не представляют большой редкости. Золотоносные донные морены известны в Клондайке (Аляска). В Аллах-Юнском районе в 1933 г. была случайно разведана ледниковая долина рч. Сунчи, левого притока р. Аллах-Юны. В самом низу сильно валунистой донной морены, непосредственно на поверхности плотина, было встречено небольшое содержание золота.

Металлоносные флювиогляциальные отложения иногда являются объектом промышленной эксплуатации. Таковы, например, золотоносные флювиогляциальные отложения Новой Зеландии, платиноносные флювиогляциальные галечники р. Тюламин (Канада), достигающие мощности до 60—110 м, и, наконец, современные флювиогляциальные отложения Памира, каждый год пополняющиеся новыми количествами золота.

6. Послеледниковые россыпи ледниковых долин

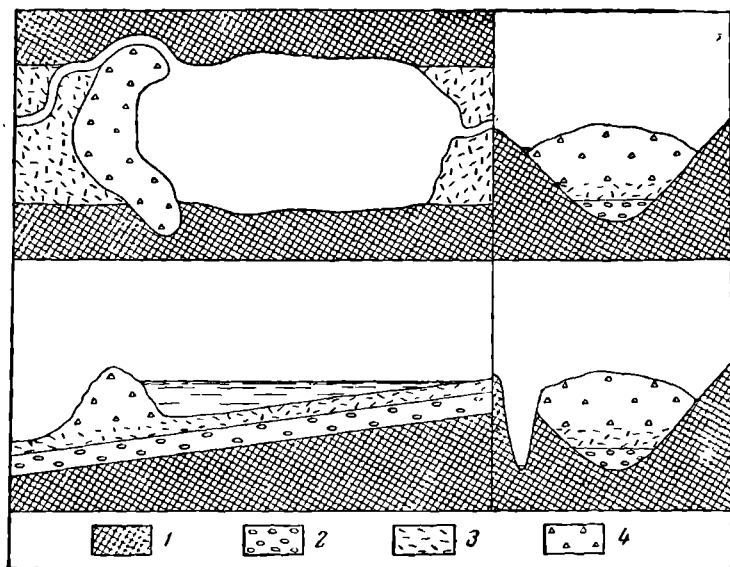
По окончании оледенения покрывающие дно долины ледниковые отложения рано или поздно будут перемыты проточными водами с образованием послеледниковых аллювиальных россыпей. Прежде всего этот перебив производится дождевыми и тальми снеговыми водами, стекающими по поверхности долины. Литологический состав донных морен, сложенных из валунов и мелкого перегертого материала, весьма благоприятен для широкого развития процессов вымывания. Поэтому во многих случаях верхний слой донных морен довольно быстро превращается в скопление валунов без всякой примеси более мелкого материала. Иногда такой слой имеет несколько метров мощности. Так как вымыванию подвергаются лишь наиболее легкие частицы, то металл из всего перебитого слоя испытывает лишь оседание вниз и значительно обогащает тонкий слой донной морены, лежащий непосредственно под скоплениями валунов. Такие россыпи представляют лишь несколько обогащенную донную морену.

Иногда вымывание мелкого материала происходит не по всей поверхности морены, а вдоль определенных, довольно постоянных водотоков. Эти водотоки проявляются на поверхности морены или небольшими понижениями рельефа или лишь наличием полосы чисто отмытых валунов. Благодаря тому, что эти водотоки концентрируют в себе сток воды иногда со значительной площади, вдоль них становится возможным даже перенос наиболее мелких частиц металла, почему они представляют собой уже переход к аллювиальным россыпям.

Иногда боковые ключи, выходя в главную, ледниковую долину, совершенно теряются в донной морене, образуя такие же подземные водотоки. Руслу более крупных ключей, текущих по донной морене, выражены вполне явственно, но часто сплошь завалены крупными ледниковыми валунами. Если из долины этого ключа происходит вынос металла, то он отлагается среди валунов, присоединяясь к металлу перебитой донной морены.

Весьма характерные аллювиальные россыпи образуются при перебиве донной морены рекой самой ледниковой долины. Этот перебив может быть вызван как послеледниковым понижением базиса эрозии, так и тем,

что русло реки, поднятое донной мореной на некоторую высоту, стремится принять свой нормальный продольный профиль. В процессе перемыва наиболее крупные ледниковые валуны испытывают не столько перемещение вниз по течению, сколько оседание вниз по вертикали. Это явление имеет место даже тогда, когда река врезается в коренные породы. Лишь в том случае, если последние являются столь же крепкими, как и валуны (например, граниты), то врезание русла длится настолько долго, что валуны успевают выветриться и в измельченном состоянии быть унесенными ре-



Фиг. 118. Образование эпигенетического участка около конечной морены.

1 — коренные породы; 2 — доледниковый аллювий; 3 — донная морена; 4 — конечная морена.

кою. Если же при гранитном составе валунов русло врезается в глинистые сланцы, то даже при большой глубине врезания более крупные валуны лишь очень мало смещаются вниз по течению.

К тому моменту, когда начнется накопление наносов, русло реки будет покрыто значительным количеством ледниковых валунов. Аллювиальная россыпь, образующаяся за счет перемыва металлоносной донной морены или погребенной ею доледниковой аллювиальной россыпи, будет накапливаться среди валунов. При большом количестве последних распределение металла в россыпи может быть очень неравномерным и находиться в зависимости от распределения крупных валунов. При меньшем количестве последних их влияние не столь заметно. Очень крупные и многочисленные валуны затрудняют разведку и разработку россыпи и иногда делают невозможным применение некоторых способов разработки (дражных, экскаваторных). Несмотря на присутствие ледниковых валунов, подобные россыпи являются типичными аллювиальными, и было бы ошибкой называть их ледниковыми.

Те части моренных и флювиогляциальных россыпей, а также погребенных доледниковых россыпей, которые останутся нетронутыми послеледниковой боковой эрозией реки, сохранятся в виде металлоносных ледниковых террас. Таковы упоминавшиеся флювиогляциальные галечники р. Тюлампи в Канаде. В некоторых участках ледниковой долины ледни-

ковые и доледниковые россыпи могут оказаться совершенно незатронутыми послеледниковым размывом. Это бывает там, где река покидает ледниковую долину, образуя эпигенетические участки. Образование последних в ледниковых долинах чаще всего бывает обусловлено перегораживанием их валом конечной морены. Подпруженный участок долины превращается в озеро, которое часто находит сток на стыке конечной морены с коренным бортом долины — в наиболее пониженном месте. Сток озера, углубляясь, оказывается врезанным в коренные породы несколько в стороне от ледниковой долины (фиг. 118). В дальнейшем этот эпигенетический участок может расшириться и заполниться аллювием, но доледниковую россыпь следует искать в стороне от него, под валом конечной морены, тогда как послеледниковая будет расположена в эпигенетическом участке, может быть на том же высотном уровне, что и доледниковая. Подобные эпигенетические участки в обход конечных морен чрезвычайно характерны для всех ледниковых долин.

Как уже отмечалось, металлоносная донная морена может содержать значительный процент очень мелкого, сильно перетертого косового металла. При послеледниковом перемыве донной морены весь этот металл сносится вниз по течению, где и концентрируется, иногда уже вне пояса ледниковых отложений, образуя обширные косовые россыпи. Подобного характера послеледниковые россыпи известны в Новой Зеландии.

7. Россыпи притоков ледниковых долин

Процессы оледенения оказывают свое неблагоприятное влияние не только на россыпи тех долин, которые покрываются во время оледенения льдом, но также и на россыпи боковых долин, которые остаются свободными ото льда. Выше уже говорилось о том, что в устьевых частях боковых долин доледниковые россыпи могут погребаться заходящими сюда ледяными языками. Но и выше по течению, куда эти языки не достигали, влияние оледенения также сказывается.

Прежде всего, многие боковые долины оказываются подпруженными ледником и превращаются в озера. Иногда долины подпруживаются конечными моренами боковых ледниковых языков. В верхнем своем конце эти озера постепенно заполняются выносимым сюда из верховьев долины аллювиальным обломочным материалом. Если озеро существует в течение длительного срока, то таким путем может заполниться значительная его часть. Доледниковый аллювий окажется погребенным озерными отложениями на значительную глубину.

Подпруживание долин вызывает образование в них эпигенетических участков. Озеро подпруживания может получить сток или вокруг конечной морены, или через долины мелких притоков, или, наконец, через седловину в водоразделе в соседнюю долину. Во всех таких участках доледниковая россыпь остается в стороне от переместившегося русла. Развитие эпигенетических участков различного характера весьма типично для правых притоков т. Аллах-Юны (ключей Хотун-Урях, Сеелях, Кочулюкан и др.), подпруженных во время оледенения.

Доледниковые россыпи притоков могут также погребаться коллювиальными и пролювиальными отложениями, включая сюда и конусы выноса. Считают, что климат ледниковых эпох был холодным и сухим. Это содействовало значительному уменьшению многоводности рек и их транспортирующей способности. Вместе с тем, интенсивность процессов выветривания благодаря более резкому климату увеличилась. В результате речные долины оказались загруженными громадным количеством обломочного материала, поступающего в них со склонов и из крутых боковых распадков. В Аллах-Юнском районе мощность подобных коллювиальных отложений

ледникового периода часто достигает нескольких метров. Возможно, что и в Ленском районе часть отложений, считаемых ледниковыми, является лишь коллювием эпох оледенения. Поскольку мощное накопление коллювия обусловлено климатическими причинами, оно не ограничивается непосредственной близостью ледниковых долин, но носит более региональный характер.

В нижнем течении притоков, независимо от выполнения верхних частей их долин озерными отложениями, происходит мощное накопление аллювиальных галечников. Это накопление бывает обусловлено тем, что благодаря выполнению главной долины толщей донной морены базис эрозии притоков повышается, и они принаравливают свой уровень к верхнему уровню донной морены. В Аллах-Юнском районе мощность аллювиальных отложений в нижнем течении подобных ключей достигает 20 м.

Хотя чаще всего оледенение приводит к погребению россыпей как самой ледниковой долины, так и ее притоков, но для некоторых долин, наоборот, происходит понижение базиса эрозии, такие долины и заключенные в них россыпи при этом проходят полный цикл своего преобразования. Эти местные понижения базиса эрозии всегда являются результатом изменения направления рек. Если главная река, обходя конечную морену, обрезает устьевые части притоков или частично захватывает их долины, то для них происходит понижение базиса эрозии; если подпруженный приток получает сток в соседнюю долину, расположенную на значительно более низком уровне, то после пропиливания эпигенетического участка для него также наступает понижение базиса эрозии. Все такие понижения являются чисто местными, охватывают обычно очень небольшие участки, и высота террас в разных участках может быть очень различной.

Мы уже разбирали случай местного понижения базиса эрозии для ключей Сигине II и Сигине III, благодаря обходу р. Аллах-Юной вала конечной морены (см. гл. VIII, 9, и фиг. 41). В результате в этих ключах в настоящее время существует послеледниковая русловая (каньонная) россыпь, а в их верхнем течении, куда врезание еще не дошло, — доледниковая долинная.

Таким образом, мы видим, что влияние, оказываемое оледенением на россыпи, может быть очень разнообразным. Для поисковика и разведчика является чрезвычайно важным умение на основании строения поверхности предугадать те особенности россыпей районов оледенения, с которыми им придется столкнуться в своей работе. В Аллах-Юнском районе незнакомство россыпников с воздействием оледенения на россыпи уже неоднократно ставило россыпную разведку перед большими затруднениями, сопровождавшимися, конечно, излишней затратой средств.

Глава XVI

РОССЫПИ ОЗЕРНЫЕ, ЛАГУННЫЕ, ДЕЛЬТОВЫЕ

1. Общая характеристика

Россыпи, включаемые в эту группу, являются, по существу, аллювиальными россыпями, отложенными рекою там, где она на своем пути встречала участки аккумуляции того или иного характера. Очень часто такими участками аккумуляции являются пересекаемые рекою озерные бассейны, в которых река оставляет весь переносимый ею твердый материал, за исключением растворенного. По выходе из озера река вновь пополняется твердым материалом, который уже несет до самого устья, отлагая его или в лагуне, куда она впадает, или просто в дельтовых отложениях.

В эту же группу должны быть отнесены и те россыпи, которые река отлагает в участках аккумуляции, не связанных с каким-либо водным бассейном. Предположим, река пересекает на своем пути участок тектонического погружения или выходит из гор на равнину с резким изменением своего уклона. И в том и в другом случае она отлагает хотя и не весь, но значительную часть переносимого ею материала, создавая отложения, во многих отношениях сходные с дельтовыми. Образующиеся при этом россыпи известны под названием россыпей галечных равнин. Если металлоносный обломочный материал, отлагаемый рекою в озере или в море, подвергается там дальнейшему переносу и обработке силою прибоя и прибрежных течений, то образуются прибрежные россыпи (морские и озерные), которые будут рассмотрены в следующей главе.

Вполне естественно, что реки выносят в отстойные бассейны преимущественно косовой металл. Пластовый металл, связанный своей малой подвижностью, отлагается преимущественно в долинах самих рек и лишь в очень редких случаях выносится в отстойные бассейны. Таким образом подавляющее большинство россыпей рассматриваемой группы представляют собой не что иное, как косовые россыпи, достигшие участков аккумуляции, здесь отложившиеся и прекратившие свое дальнейшее передвижение.

2. Образование озер

Для нас могут представлять интерес лишь те озера, которые расположены непосредственно в долинах горных рек или в тех равнинных участках, которые эти реки пересекают. В физической географии принято делить озера по способу образования тех углублений, которые они занимают, на плотинные и котловинные (фиг. 119). Плотинные озера возникают на земной поверхности путем образования плотин односторонних, двусторонних, дугообразных, кольцевых и пр., т. е. таких положительных форм рельефа, которые вместе с ранее существовавшими образуют замк-

глубокое углубление, выполняемое озером. Котловинные озера возникают путем образования на поверхности отрицательных форм рельефа — котловин, превращающихся по заполнении их водою в озера.

Такое разделение имеет большое значение и для образования озерных россыпей. Плотинные озера возникают в речных долинах при перегораживании их какой-либо преградой; таким образом, дном озера является прежняя поверхность речной долины, т. е. продольный профиль дна озера представляет лишь небольшой отрезок нормального продольного профиля долины. Водные потоки, впадающие в плотинное озеро, могут углубить свое русло до плотика лишь после того, как такое углубление произошло в месте расположения озера, т. е. когда озеро уже прекратило свое существование. Так как образование пластовых россыпей неразрывно связано с преобразованием речных долин, то совершенно ясно, что в плотинном озере образование пластовых россыпей не может иметь место: преж-



Фиг. 119. Схема плотинного и котловинного озер.

де, чем старая долинная россыпь будет вскрыта глубинной эрозией, озеро окажется спущенным. Под дном озера может, конечно, существовать погребенная им старая долинная речная россыпь, образовавшаяся еще до возникновения озера. Таким образом, в типичных плотинных озерах могут возникать лишь россыпи косового металла.

Дно котловинных озер представляет или плавные прогибы в продольном профиле речной долины или впадины, резко нарушающие этот профиль. В некоторых случаях дно озера может быть расположено на десятки метров ниже уровня речной долины. В этом случае понижение базиса эрозии вызовет лишь снижение уровня воды в озере, но не полное его осушение, приведя в то же время к преобразованию долин впадающих в озеро рек. Вообще понижение уровня воды в озере вследствие каких-либо причин может вызвать преобразование долин притоков, что совершенно невозможно в плотинных озерах. Таким образом, в котловинных озерах при благоприятных условиях могут возникать россыпи не только косового, но и пластового металла.

Для концентрации косового металла котловинные озера также представляют значительно более благоприятные условия, чем озера плотинные. Последние образуют в продольном профиле реки, с одной стороны, горизонтальную площадку (поверхность озера), с другой — крутой участок течения в месте стока озера через плотину. Этот крутой участок, постепенно углубляясь, пропиливает плотину, спускает озеро и тем восстанавливает нормальный продольный профиль реки. Та же картина получается, если озеро образует сток не через плотину, а в обход ее. Всякое плотинное озеро стремится к самоуничтожению путем спуска и потому очень недолговечно. Пределом его существования является один эрозионный цикл. Котловинные озера не связаны с образованием крутых участков и при большей глубине могут существовать в течение нескольких эрозионных циклов, концентрируя в себе большое количество косового металла.

Главнейшими типами озер, встречающимися в металлоносных речных долинах, являются следующие:

1. Озера-старицы представляют отделившиеся от реки участки ее русла — протоки, отмершие меандры и пр. Ширина и глубина их при-

мерно соответствует ширине и глубине русла, длина может быть очень различна, достигая иногда нескольких километров (фиг. 120). С образованием россыпей они не связаны, так как отделены от русла реки, а как только с ним соединяются, утрачивают свой характер озер, превращаясь или в проток или даже в главное русло. Заслуживают быть отмеченными, так как пользуются очень большим распространением и часто оказывают сильное влияние на водоносность долинных россыпей.



Фиг. 120. Озера-старичи в нижнем течении р. Днепан.

1 — коренные породы; 2 — аллювий.

2. Ледниковые озера обычно пользуются очень большим распространением в районах, подвергавшихся оледенению. По способу образования они могут быть весьма разнообразны. Среди них можно различать:

а) Собственно ледниковые, образующиеся от подпирания боковой долины ледником главной или наоборот. Существуют лишь во время оледенения, и то не все время. Так как в ледниковые эпохи транспортирующая сила рек ослаблена, вряд ли с этими озерами могут быть связаны россыпи.

б) Каровые, выполняющие вогнутое дно ледниковых каров. По своим ничтожным размерам и расположению в самых верховьях ключей с россыпями не связаны.

в) Моренные, выполняющие неровности в поверхности донной морены. Обычно неглубоки и очень быстро выполняются илистым материалом, смываемым в них с более возвышенных частей морены. Чаще всего расположены в стороне от русла реки; с россыпями не связаны.

г) Моренные, подпруженные валом конечной морены. Существуют иногда более длительное время, чем предыдущие категории, но, как и все плотинные озера, недостаточно долго для того, чтобы в них

могли образоваться значительных размеров россыпи; все же некоторая концентрация косового металла возможна.

д) Котловинные, занимающие котловины выпавания и подпираемые ригелем. Являются наиболее долговечными из всех ледниковых озер; при достаточной глубине существуют в течение нескольких эрозионных циклов. Иногда достигают очень значительных размеров (десятки километров в длину). При металлоносности морен, расположенных выше по течению, концентрируют в себе косовой и пластовый металл, освобождающийся при перемыве морен. Из всех ледниковых озер наиболее благоприятны для образования россыпей.

3. Озера подпрудживания, кроме ледниковых, образуются в речных долинах при подпрудживании их какими-либо массами, поступающими в долину с ее склонов или из боковых распадков и долин, — оползнями, обвалами, грязевыми потоками, конусами выноса, снежными лавинами и пр. В зависимости от характера и массы подпруджившего материала продолжительность существования таких озер может быть очень различной. В наиболее устойчивых из них возможно некоторое накопление косового металла.

4. Вулканические озера образуются путем подпрудивания речных долин лавовыми потоками, вулканическими конусами, поднятиями лакколлитов и пр. Благодаря крепости и часто весьма значительным размерам подпруд могут существовать в течение довольно длительного срока и концентрировать в себе значительное количество металла.

5. Тектонические озера образуются в участках погружения. В зависимости от величины последнего они могут обладать очень различной глубиной и площадью. Наиболее крупные озера земного шара относятся именно к этому типу. Длительность существования их весьма велика, обычно несколько эрозийных циклов, а иногда приближается к геологическим периодам. По характеру тектонических движений, обусловивших образование озера, и по ряду местных условий, сопровождавших его образование, тектонические озера могут быть подразделены на большое число разновидностей. Для образования россыпей как косовых, так и пластовых представляют наиболее благоприятные условия. В пределах и вблизи золотоносных районов к этому типу относятся: озеро Байкал, озеро Баунт в долине р. Ципы, многие озера Забайкалья и низовьев Амура и пр.

Помимо перечисленных, существует еще довольно много видов озер — карстовые, кратерные, дюнные и пр., но все они совершенно не связаны с процессами образования озерных россыпей.

3. Озерные отложения и россыпи

Уничтожение озер может происходить тремя способами:

1) путем усыхания благодаря преобладанию испарения над притоком воды в озеро;

2) путем спуска благодаря пропиливанью стоком озера подпирающего его препятствия;

3) путем заполнения поступающим в озеро обломочным материалом.

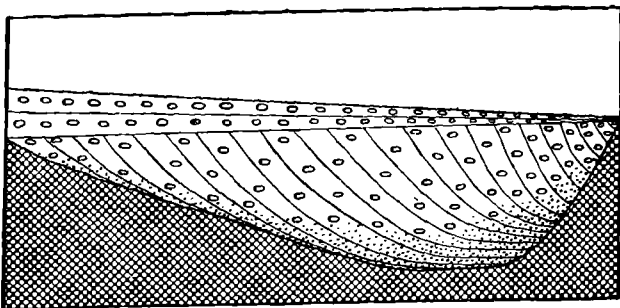
Процесс усыхания является весьма характерным для пустынных и степных местностей, но для образования россыпей значения не имеет. Спуск наиболее характерен для плотинных озер. По мере пропиливания подпруды уровень этих озер снижается: с другой стороны, идет их выполнение приносимым обломочным материалом. Чем скорее озеро будет спущено, тем меньший запас металла в нем успеет накопиться. Помимо пропиливания подпруды на спуск озера может также оказать влияние просачивание воды сквозь нее и ее таяние (лавина, ледник). При понижении базиса эрозии и врезании рек может оказаться спущенным и котловинное озеро.

Процесс заполнения озера обломочным материалом идет двумя путями: приносом этого материала впадающими в озеро реками и поступлением его непосредственно с берегов (особенно крутых) при их размыве озером или благодаря процессам денудации. Материал, поступающий вторым способом, обычно подвергается некоторой переработке и сортировке в прибрежной полосе. Если он является металлоносным, то образуются прибрежные россыпи. Эти россыпи будут рассмотрены в следующей главе, а сейчас мы коснемся лишь заполнения озера впадающими в него реками.

При впадении реки в озеро скорость ее течения весьма резко уменьшается, и река отлагает весь переносимый ею материал. Прежде всего прекращается движение донных наносов, взвешенный материал относится на некоторое расстояние от устья реки, где и осаждается. Это бывает возможно благодаря тому, что течение реки после впадения ее в озеро прекращается не сразу, а прослеживается еще на некотором протяжении и в воде озера. Чем многоводнее река и чем меньше глубина озера, тем дальше от устья может быть прослежено это течение. В устье одной и той

же реки течение прослеживается значительно дальше во время половодья и лишь очень немного в межень.

Отлагая наиболее крупный галечный материал непосредственно при своем устье, река образует здесь дельту, которая постепенно выдвигается в озеро. Поверхность дельты является совершенно ровной, почти горизонтальной и имеет лишь едва заметный наклон по направлению к озеру, определяемый уклоном самой реки. Подводная часть дельты представляет неправильно конический склон, обращенный в сторону озера и падающий примерно под углом естественного откоса отлагающегося в воде материала. Часто этот угол равен $30-35^\circ$. С каждым новым половодьем на склоне



Фиг. 121. Схема строения озерных отложений.

отлагается новый слой материала, почему отдельные слои имеют примерно тот же уклон. У подножия склона наклон слоев становится более пологим; вместе с тем здесь отлагается более мелкий материал, гравий и песок. Чем дальше от берега, тем мельче становится материал и положе залегание слоев. В значительном удалении от берега отлагается лишь тонкий илистый материал, и слои залегают или горизонтально или почти горизонтально (фиг. 121). Так как во время половодья течение реки прослеживается в озере на более значительном удалении от берега, то и фракции песчаного илистого материала различной крупности также несколько сдвигаются от устья реки к середине озера. Поэтому в каждом участке дна во время половодья отлагается несколько более крупный материал, чем обычно. При этом более крупные частицы опускаются на дно первыми, более мелкие дольше остаются во взвешенном состоянии. Этим обусловлена слоистость озерных илов с чередованием более крупного и более мелкого материала. Лишь в весьма большом удалении от устья реки может отлагаться совершенно равномерной крупности илистый материал.

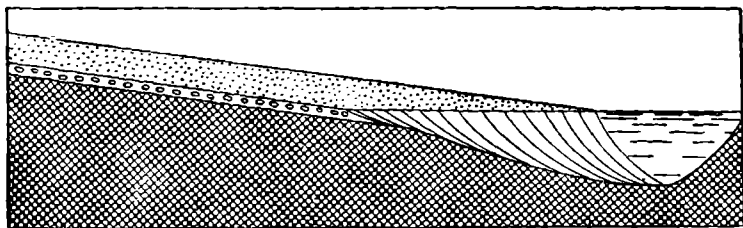
Кроме того материала, который выносятся и отлагается в озере водою, некоторая часть материала может также выноситься в озеро речным льдом. Песок, галька, щебень и валуны, вмороженные в лед, освобождаются из него в самых случайных местах озера, благодаря чему могут отлагаться даже в весьма значительном удалении от берега, среди тонкого ила.

По мере нарастания дельты при устье реки она все дальше и дальше выдвигается к середине озера. Поэтому там, где раньше отлагался ил, начинает отлагаться мелкий песок, где отлагался песок, начинает отлагаться гравий и т. д., т. е. по мере заполнения озера в каждом участке его дна состав отлагающегося материала неизменно становится все более крупнозернистым. В этом отношении озерные отложения представляют полную противоположность речным, где благодаря постепенному удалению крутого участка крупность материала уменьшается в разрезе аллювия снизу вверх.

Рост дельты приводит к все большему сокращению площади озера, и, наконец, оно совершенно заполняется, превращаясь в равнинный участок поверхности. Если в озеро впадает несколько водных потоков, то заполнение озера идет одновременно в нескольких местах. Дельты различных потоков, соединяясь между собою, могут перегородить его на две или несколько частей.

Помимо роста дельты в длину, от устья реки к середине озера, она растет также и в высоту в своей надводной части. Так как уровень воды в озере при постоянном положении его стока также является сравнительно постоянным, то надводная часть дельты формируется в виде горизонтальной поверхности. Но река, вступая из своей долины на горизонтальную поверхность дельты, производит здесь усиленное отложение несомого ею материала и наращивает дельту в высоту, придавая ей некоторый уклон в сторону озера. В отличие от подводной части дельты здесь слои располагаются почти горизонтально.

Чем дальше выдвигается дельта в озеро, тем больше увеличивается мощность надводных дельтовых отложений. Вместе с тем повышение



Фиг. 122. Схема распределения мощности озерно-дельтовых отложений.

уровня дельты приводит к накоплению аллювия в приустьевой части речной долины. Как и обычно, процесс накопления распространяется снизу вверх по течению. Повышение уровня дельты не прекращается даже тогда, когда озеро уже выполнено, а сама дельта превращена в равнинный участок. Последний еще в течение длительного срока после заполнения озера обладает значительно меньшим уклоном, чем участок ниже и выше по течению. Поэтому река здесь обычно сильно меандрирует и производит усиленное отложение аллювия.

В пределе река как бы стремится сгладить тот горизонтальный уступ в ее продольном профиле, который был образован поверхностью озера. Максимальная мощность надводных дельтовых отложений будет наблюдаться в верхней по течению части равнинного участка. Эти отложения будут влиять и на соответственное увеличение мощности чисто речного аллювия в вышележащем участке течения реки (фиг. 122). Общая мощность озерно-дельтовых отложений — подводных и надводных — будет всецело зависеть от распределения глубин в озере.

Зная порядок накопления озерно-дельтовых отложений, нетрудно представить себе, где именно будет концентрироваться металл. Если озеро принадлежит к типу котловинных, то при обновлении эрозии в него может выноситься притоками пластовой металл. Однако, благодаря тому, что металлоносный аллювий, прежде чем достигнуть вод озера, перемещается по уже сформировавшимся дельтовым отложениям, где происходит интенсивное накопление аллювия, весь металл отлагается именно здесь. Вряд ли пластовой металл может достигать самого устья реки и отлагаться в подводной части дельты.

Таким образом, если в озерно-дельтовых отложениях образуется металлоносная пластовая россыпь, то она залегает не в их основании, как в речном аллювии, а довольно высоко в их стратиграфическом разрезе — в надводных дельтовых отложениях. Она в свою очередь может перекрываться значительным слоем пустого аллювия. Подобные россыпи пользуются очень небольшим развитием, но везде, где они известны (Британ-

ская Колумбия, Новая Зеландия), они залегают не при самом устье реки, а немного выше по ее течению.

Косовой металл, являясь значительно более подвижным, чем пластовой, может уже достигать и самого устья реки. Значительная его часть несомненно концентрируется вместе с пластовым металлом в надводных дельтовых отложениях, но большое количество может также быть вынесенным в озеро и отложиться на подводном склоне дельты. В результате долговременного накопления здесь металла может образоваться весьма значительная по мощности, но бедная по содержанию озерно-дельтовая россыпь. Опять-таки, в противоположность речным россыпям, здесь косовой металл будет располагаться на большей глубине от поверхности, чем пластовой.

Чем моложе дельта, тем меньше ее размеры, тем меньшее количество косового металла отлагается в надводной ее части и тем большее количество отлагается на подводном склоне. При большом возрасте дельты размеры ее обычно весьма значительны, и подавляющая часть косового металла, если не весь он, задерживается на ее поверхности, не достигая ее подводного склона. При этом возникают собственно дельтовые россыпи.

4. Дельтовые россыпи

Таким образом, различать собственно-дельтовые россыпи от озерных и лагунных можно по месту накопления металла: если накопление идет на верхней поверхности дельты, россыпь следует называть собственно дельтовой, если на переднем склоне дельты, уже в окаймляющем ее водном бассейне, — озерной или лагунной. При этом не следует, конечно, забывать, что и последние россыпи, будучи отложены все-таки в дельте, являются дельтовыми в широком смысле слова.

Накопление металлоносного аллювия на поверхности дельты обусловлено ее весьма малым уклоном. Оно происходит совершенно одинаково и тогда, когда озеро или лагуна еще не заполнились, и тогда, когда они уже превращены в галечные равнины. Поэтому американцы называют подобные россыпи также россыпями галечных равнин. Отложения, возникающие на поверхности таких «континентальных дельт», принципиально ничем не отличаются от отложений на поверхности дельт морских, лагунных и озерных.

При выполнении небольших озерных водоемов река часто не разбивается на отдельные рукава или образует лишь небольшое их количество. В более крупных дельтах число рукавов обычно очень значительно. Отложение косового металла может идти во всех этих рукавах, в одних более, в других менее интенсивно. Пространства дельты, расположенные между рукавами, заливаются водой лишь во время половодья: вследствие небольшой скорости течения металл сюда не заносится, и здесь происходит лишь отложение пустого песчано-илистого материала. В результате дельтовая россыпь оказывается состоящей из отдельных металлоносных струй, разделенных между собою пустыми пространствами. Эти струи могут между собою соединяться в своих верхних концах, но могут быть и изолированы друг от друга. В общем расположение их соответствует расположению рукавов в дельте.

Так как накопление аллювия идет все-таки более интенсивно в самих рукавах, чем в пространствах между ними, то через некоторое время рукава оказываются приподнятыми над окружающей местностью и ограждены береговыми возвышениями (см. гл. X, 2, и фиг. 51). В конце концов эти береговые возвышения прорываются, и рукава дельты меняют свое положение; старая металлоносная струя покрывается пустыми

песчано-илистыми отложениями, вместе с тем начинается накопление металлоносной струи в новом месте.

Смена металлоносных галечных отложений пустыми песчано-илистыми и наоборот, помимо боковых перемещений отдельных рукавов, может также иметь место и при колебаниях уровня водного бассейна; чаще всего это бывает в морских дельтах. При понижении уровня моря дельта выдвигается дальше в него, и отложение металлоносных галечников может начаться поверх пустых песчано-илистых образований переднего склона дельты. При повышении уровня моря наблюдается обратная картина: отложение металлоносных галечников отодвигается вверх по течению, а ранее отложенные перекрываются пустыми песчано-илистыми образованиями.

Примерно та же картина может наблюдаться в континентальных и озерных дельтах, образующихся в участках погружения при дифференциальных тектонических движениях. Усиленное погружение вызовет относительное поднятие уровня тектонического озера и отодвигание места накопления металлоносного аллювия вверх по течению. К тому же результату приведет и поднятие участка, подпирающего озеро. Наоборот, поднятие участка, расположенного выше по течению, вызовет перемещение места накопления металла вниз по течению. В озерах иного генезиса подобные колебания уровня не имеют места.

При понижении базиса эрозии озерные и дельтовые отложения будут рекою пропилены и сохранятся в виде террас. Заключенные в них россыпи перейдут в террасовую фазу своего существования. Обычно считают, что озерные террасы отличаются от речных своей горизонтальностью. Хотя в большинстве случаев это действительно так, но не следует преувеличивать значение этого признака. Если заполнение озера происходит из нескольких рек, то аллювий, отлагающийся разными реками в одно и то же время, располагается в точности на одном уровне, как бы ни были велики размеры озера.

Если озеро сильно вытянуто по длине долины и заполнение его происходит от одного конца к другому, то в то время, когда будет заполняться его нижний конец, в верхнем конце поверх озерных отложений успеет накопиться значительная толща собственно дельтовых отложений, благодаря чему возникшая от заполнения озера галечная равнина будет обладать некоторым уклоном сверху вниз по течению. Хотя этот уклон будет значительно меньше уклона других участков речной долины, но все же он будет достаточно замечен для того, чтобы не считать галечную равнину совершенно горизонтальной. Возникающие из нее озерные террасы будут обладать уклоном вниз по течению реки.

Еще большим уклоном галечная равнина может обладать в том случае, если во время заполнения озера уровень его неизменно снижался благодаря пропиливанью запруды. В зависимости от скорости этого процесса и скорости заполнения озера галечная равнина может обладать большим или меньшим уклоном. В некоторых случаях уклон ее может даже получиться больше нормального уклона речной долины; в этом случае верхняя по течению ее часть будет рекою пропилена, и высота образовавшейся озерной террасы будет уменьшаться вниз по течению реки.

Глава XVII

ПРИБРЕЖНЫЕ РОССЫПИ

1. Общие условия возникновения

Прибрежные россыпи возникают в береговой полосе крупных водных бассейнов — морей и озер — путем переработки и отложения металлоносного обломочного материала деятельностью прибоев и прибрежных течений. Источниками металла при этом могут служить:

- 1) выносы рек, впадающих в водный бассейн;
- 2) расположенные на берегу и размываемые силою прибоев коренные месторождения;

3) находящиеся в аналогичных условиях россыпные месторождения.

Металлоносный материал, приносимый реками, далеко не всегда может быть использован для образования прибрежных россыпей. В крупных дельтах он полностью задерживается на их поверхности, не достигая водного бассейна. В менее значительных дельтах часть металла может достигать водного бассейна и попадать в прибрежные россыпи. Некоторые реки при своем впадении совершенно не образуют дельт; в этом случае весь выносимый рекою металл поступает в водный бассейн и наиболее полно может быть использован для образования прибрежной россыпи.

Дельта, нарастающая при устье реки, одновременно размывается деятельностью прибоев и прибрежных течений. Суммарный результат зависит от соотношения количества материала, выносимого рекою, и количества его, уносимого размывающей деятельностью водного бассейна. Крупные реки имеют больше шансов на увеличение дельты, чем реки небольшие. Последние часто бывают совершенно лишены дельты. Одна и та же дельта может то значительно увеличиваться в своих размерах, то сильно сокращаться. Увеличение идет наиболее интенсивно в период преобразования речной сети, когда количество выносимого твердого материала является максимальным. После того как преобразование речной сети закончено, количество поступающего в дельту материала сильно уменьшается, и может начаться ее сокращение под влиянием размывающей деятельности водного бассейна. Таким образом, периоды тектонического покоя являются более благоприятными для образования прибрежных россыпей за счет металла, выносимого реками.

Размыв коренных и россыпных месторождений, расположенных на берегу, также имеет место не при всех условиях. Обычно одни участки берега разрушаются прибоем, в то время как другие, наоборот, нарастают даже независимо от выносимого реками материала. Более подвержены разрушению крутые берега; пологие берега чаще нарастают. Течение того или иного процесса зависит также от конфигурации берегов и распределения относительно их прибрежных течений. Если месторождение, коренное или россыпное, расположено на

прибрежной россыпи. Если месторождение расположено на намываемом берегу, то оно может сохраняться неопределенно долгое время.

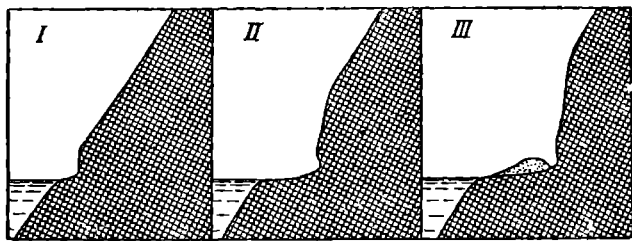
Вместе с тем металл, получаемый от размыва месторождения, не может быть тут же использован для образования прибрежной россыпи. Последняя может формироваться лишь на намываемом берегу, для чего либо металл должен быть перемещен вдоль берега до соответствующего его участка, либо сам берег должен превратиться из размываемого в намываемый.

В дальнейшем мы будем для краткости говорить лишь о морских берегах. Все, что будет о них сказано, может быть отнесено и к берегам крупных озерных водоемов. Но чем меньше размеры озера, тем меньшую роль играет в нем деятельность прибоя и прибрежных течений и тем большее значение приобретает заполняющая работа рек.

2. Размыв берегов

Разрушение морских берегов обусловлено в основном деятельностью прибоя. Во время волнения волны, подходя к берегу, с силой на него обрушиваются и производят его чисто механическое разрушение. Разру-

шительная сила волн еще увеличивается тем, что, опрокидываясь на берег, они вздымают значительное количество твердого материала — песка и гальки, которыми и ударяют о берег. В результате долговременной работы волн в береговых скалах на уровне прибоя образуется выемка, вдающаяся в берег (фиг. 123). Образование этой выемки облегчает обрушение нависающих над нею скал и тем самым постепенное отступление берега. Так как максимальное разрушение берега происходит на уровне воды, то отступает лишь надводная часть берега, которая сочленяется с подводной его частью слабо наклонной волноприбойной террасой.

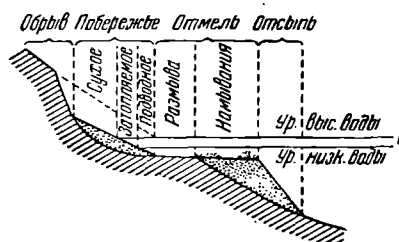


Фиг. 123. Схема размыва морского берега.

По мере размыва надводной части берега длина этой террасы все более увеличивается. Волны, обрушиваясь на нее, теряют значительную часть своей кинетической энергии, и действие их на скалистый берег все более и более ослабевает. При достаточной длине террасы волны даже в самые сильные штормы уже не будут достигать подножия скал, и дальнейшее отступление берега прекратится. В верхней части волноприбойной террасы может даже образоваться галечный береговой вал, набросанный сюда наиболее сильными штормами.

Куски скал, обрушенные на волноприбойную террасу, подвергаются здесь дальнейшему измелению силою волн и превращаются в песок и гальку, которые накапливаются в подводной части берега, составляя продолжение волноприбойной террасы (фиг. 124). Возникающий таким путем берег является сравнительно устойчивым, так как он и не разрушается и не наращивается путем намывания. Подобные берега более характерны для озер и для тех участков морского побережья, которые обладают благоприятными для этого очертаниями. В качестве примера такого строения берега можно привести участок северного берега Охотского моря (Тауйской губы) непосредственно к западу от с. Ола, в сторону Нагаевской

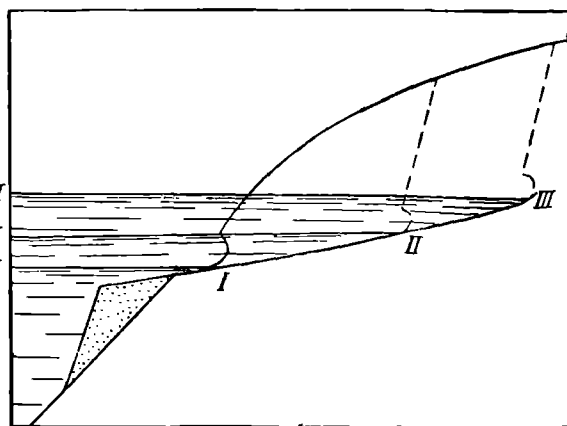
При неблагоприятном очертании берега его разрушение на этом не останавливается. Прибой разрушает не только надводную, но и подводную часть берега, иногда на довольно значительную глубину. Вследствие этого в некоторых случаях волноприбойная терраса даже не может как следует развиваться, так как вслед за отступанием надводной части берега отступает и подводная его часть. Отступление некоторых берегов совершается с громадной скоростью, достигающей иногда 1—2 м в год. По прошествии нескольких десятилетий или столетий на месте прежнего берега могут образоваться глубины свыше 10 м.



Фиг. 124. Схематический профиль устойчивого берега (по В. А. Обручеву).

ров в секунду. Особенно велика бывает скорость приливо-отливных течений при входе в бухты, в узких проливах и пр. Эти течения, увлекая с собою массы обломочного материала, покрывающего прибрежные части морского дна, увеличивают при его помощи свою разрушительную силу и содействуют быстрому углублению прибрежной части моря.

На разрушение коренного берега может заметное влияние оказать изменение уровня моря. Если уровень моря постепенно повышается, то глубина воды на волноприбойной террасе увеличивается, и волны получают возможность разрушать коренной берег. Если повышение уровня идет достаточно медленно, то волноприбойная терраса, сохраняя свой небольшой уклон, непрерывно нарастает на своем верхнем краю за счет отступления скалистого берега. Вместе с тем ее противоположный край все глубже погружается под уровень моря и удаляется от линии берега. В результате значительная часть прежнего скалистого берега может оказаться срезанной по совершенно ровной, слабонаклонной поверхности волноприбойной террасы. Этот процесс носит название абразии, а возникающая в результате его поверхность — абразионной поверхностью (фиг. 125).



Фиг. 125. Схема формирования абразионной поверхности.

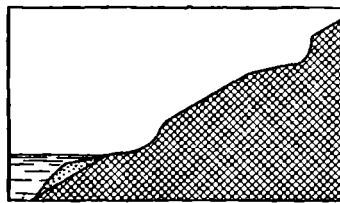
Если повышение уровня моря происходит настолько быстро, что абразионная поверхность не успевает вырабатываться, то после того, как уровень моря примет сравнительно постоянное положение, начинает формироваться уровень новой волноприбойной террасы. При этом старая терраса оказывается затопленной на глубину, равную повышению уровня моря (фиг. 126). Наоборот, при быстром понижении уровня моря старая

волноприбойная терраса оказывается поднятой, и новая терраса формируется под ней (фиг. 127).

Если подобные террасы, сформированные деятельностью прибоя, образуются в озерном водоеме, то при понижении его уровня высота их вдоль всего побережья озера оказывается совершенно одинаковой. Этим они отличаются от озерных террас, возникающих путем заполнения озер выносами рек с последующим врезанием последних; эти террасы, как мы видели, обладают хотя и небольшим, но достаточно явственным уклоном вниз по течению прорезающих их рек.



Фиг. 126. Формирование новой волноприбойной террасы при быстром повышении уровня моря.



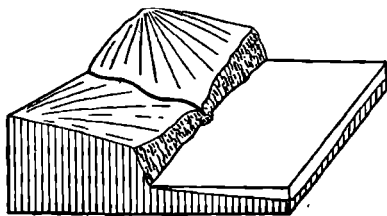
Фиг. 127. Формирование новой волноприбойной террасы при быстром понижении уровня моря.

При быстром отступании морского берега подвергаются уничтожению устьевые части открывающихся на него речных долин, которые тем самым превращаются в висячие долины (фиг. 128). Текущие в них реки, образуя при своем устье уступ, начинают врезаться, и долины проходят полный цикл своего преобразования. Присутствие подобных висячих долин служит хорошим признаком быстрого отступления морского берега.

Когда крутой берег сложен рыхлыми галечными отложениями, разрушение его протекает весьма быстро. Если эти отложения являются металлоносными, то в течение короткого срока в сферу деятельности прибоя может поступить значительное количество металла. Наоборот, поступление металла из выходящего на морском берегу коренного месторождения происходит достаточно постепенно. Прежде всего сами коренные породы разрушаются значительно медленнее, а, кроме того, разрушение их происходит с образованием весьма грубого обломочного материала. При этом подавляющая часть металла остается заключенной в породе и лишь ничтожная часть из нее освобождается.

При дальнейшей обработке этого материала в полосе прибоя он испытывает преимущественно грубое дробление и тонкое истирание: разрыхления породы, при котором возможно максимальное освобождение заключенного в ней металла, в полосе прибоя не происходит. Таким образом, непосредственный размыв коренного месторождения деятельностью прибоя представляет неблагоприятные условия для концентрации металла в прибрежной россыпи.

Если коренное месторождение выходит на сравнительно устойчивом берегу, который и не размывается и не наращивается, то создаются гораздо более благоприятные условия для поступления металла в прибрежную россыпь. В этом случае месторождение подвергается обычному выветриванию с освобождением значительной части заключенного в руде



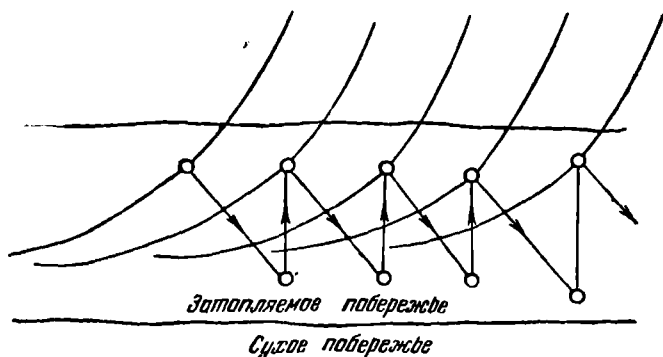
Фиг. 128. Висячая долинка, образованная быстрым подмывом берега морем.

металла. Металлоносный обломочный материал перемещается процессами денудации к подножию склона, где и перерабатывается деятельностью прибоа. Подобные условия довольно обычны на берегах озер и сравнительно редки на морских берегах.

3. Образование прибрежных отложений и россыпей

Обломочный материал, образующийся в результате деятельности прибоа, не отлагается тут же на месте, а обычно перемещается вдоль берега на то или иное расстояние. Материал, располагающийся в затопляемой части берега и в ближайшей к нему части отмели, перемещается силой прибоа, расположенный в большем удалении от берега — силой прибрежных течений.

Направление перемещения определяется направлением господствующих ветров. При косом расположении волн относительно береговой ли-



Фиг. 129. Перемещение обломочного материала вдоль берега при косых волнах (по В. А. Обручеву).

нии выбрасываемый волнами материал передвигается по берегу вверх в направлении движения волны, а сбегавшей с берега водой смывается обратно по его уклону (фиг. 129). В результате материал испытывает постоянное перемещение в направлении движения волн, т. е. в направлении господствующих ветров. Последние же определяют и направление прибрежных течений.

Благодаря работе прибоа и течений материал может перемещаться вдоль берегов на весьма большие расстояния, измеряемые десятками и сотнями километров. При этом обрывистые, скалистые мысы, круто обрывающиеся в море, не являются препятствием для распространения обломочного материала. Повидимому, вокруг них он перемещается силой прибрежных течений.

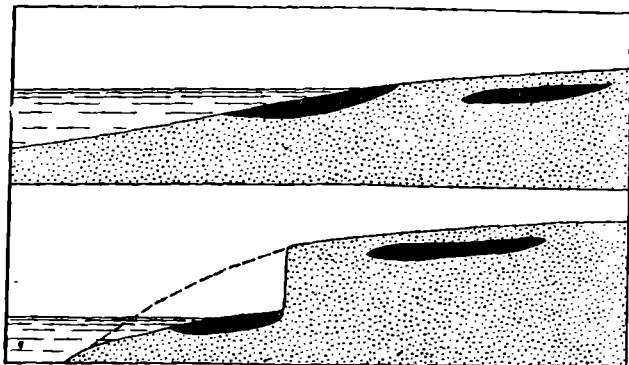
Дальность распространения частиц металла должна быть значительно меньше. Прибрежные россыпи пластового металла обычно располагаются недалеко от своего первоисточника, распространяясь вдоль по берегу максимум на несколько километров в стороны. Частицы ковового металла могут перемещаться вдоль берегов значительно дальше.

Перемещение обломочного материала вдоль берега идет до тех пор, пока он не достигнет участка, благоприятного для накопления, т. е. участка, где происходит наращивание берега. Таковыми обычно являются участки пологого берега. Здесь количество выбрасываемого прибоем на берег обломочного материала превышает количество его, смываемое обратно в море. Благодаря этому уровень берега несколько повышается, а береговая линия постепенно отодвигается в сторону моря. Концентрация металла может происходить также и в участках устойчивого берега. На

размываемых берегах она может иметь место в том случае, если они сложены рыхлыми металлоносными образованиями.

Накопление металлоносной россыпи происходит непосредственно в полосе прибоя. Волны, подходя к берегу, опрокидываются на него, вздымая со дна значительное количество песчано-галечного материала и выбрасывая его на берег. Опрокинувшаяся волна распространяется вверх по откосу берега, увлекая с собою выброшенный ею материал и распределяя его более или менее равномерным слоем. Когда живая сила воды израсходована, она на мгновение останавливается и затем устремляется обратно, вниз по откосу берега. При этом часть выброшенного волною материала смывается обратно в море.

Скорость стекающей по откосу воды увеличивается сверху вниз; скорость воды, поднимающейся по берегу, уменьшается снизу вверх. Благодаря этому станвится возможным распределение материала на берегу по крупности и удельному весу. Чем выше по берегу, тем бо-



Фиг. 130. Расположение поднятой береговой россыпи на прибрежной равнине и на террасе.

лее мелкий материал отлагается. При обратном стекании вода смывает преимущественно более легкие частицы, в то время как более тяжелые остаются на берегу. Поэтому в определенной полосе берега происходит концентрация частиц металла вместе с другими тяжелыми минералами. Благодаря большому содержанию среди последних магнетита, подобные участки часто выделяются на берегу своим совершенно черным цветом.

Особенно велика бывает концентрация металла на берегу после сильных штормов, выбрасывающих на берег громадное количество обломочного материала и значительно обогащающих его металлом. Так как сила прибоя может очень сильно меняться и, кроме того, в зависимости от приливов и отливов меняется и уровень моря, то концентрация металла происходит попеременно в различных участках берега по его уклону. Поэтому образующаяся россыпь представляет собою чередование различной крупности материала, включающего тонкие прослои, сильно обогащенные металлом и тяжелыми минералами. При стационарном положении уровня моря общая ширина россыпи, т. е. той полосы берега, в пределах которой распределены такие обогащенные металлом прослойки, определяется положениями волноприбойной полосы во время прилива и отлива.

Если уровень моря повысится, то береговая россыпь окажется затопленной и может быть перекрыта слоем неметаллоносного материала, отлагающегося в прибрежной полосе моря. Если погружение берега идет достаточно постепенно и поступление новых количеств металла вдоль берега при этом не прекращается, то по мере своего погружения под уровень моря россыпь может нарастать на своем верхнем краю. Если погружение идет быстро или прекращается поступление металла, то рост россыпи в ширину не имеет места.

При понижении уровня моря береговая россыпь, наоборот, оказывается поднятой и сохраняется или на прибрежной равнине или на прибрежных морских террасах. Первое имеет место в том случае, если уклон прибрежной отмели, к. в. а перемещается береговая линия, является достаточно

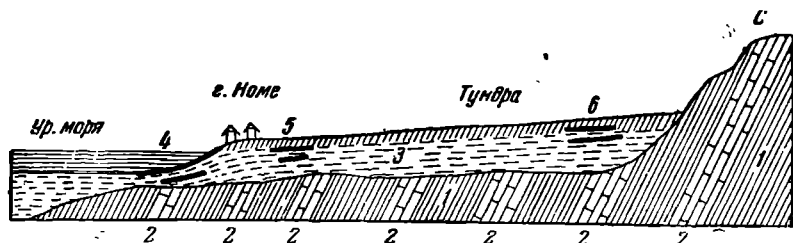
положим для того, чтобы не подвергнуться размыву прибоем. При более крутом уклоне образуется береговой уступ, и старая береговая россыпь оказывается расположенной на террасе (фиг. 130). Но совершенно одинаково и в том и в другом случае в месте нового расположения полосы прибоя может возникнуть новая береговая россыпь.

Совершенно так же протекает процесс образования береговых россыпей и на берегах крупных озерных водоемов, может быть несколько отличающаяся своими более скромными масштабами.

4. Примеры береговых россыпей

Береговые россыпи благородных металлов не представляют большой редкости, но в то же время и не пользуются очень широким распространением. В общем промышленное значение их по сравнению с аллювиальными россыпями весьма невелико. Наиболее известными и имеющими большое промышленное значение являются береговые россыпи золота в районе Номе на полуострове Сьюрд (Аляска).

Эти россыпи залегают тремя параллельными берегу полосами на различных высотных уровнях; наинизшая, современная россыпь залегают



Фиг. 131. Береговые россыпи района Номе в Аляске (по Богдановичу).

1 — кристаллические сланцы и 2 — известняки свиты Номе; 3 — древние морские и речные отложения; 4 — современная морская россыпь; 5 и 6 — древние морские россыпи на двух уровнях.

примерно на уровне моря, частично ниже уровня отлива. Древние россыпи залегают на прибрежной морской равнине, одна в расстоянии 1,6 км от берега на высоте 11 м и вторая в расстоянии 8 км от берега на высоте 24 м (фиг. 131). Отложения, содержащие золото, представляют собою чередующиеся слои тонкого и грубого песка и галечника, местами содержащие плавающими льдами. Плотиком россыпей является вязкая морская глина голубоватого или красноватого цвета. Золото содержится или при плотике или в толще песчано-галечных отложений в тонких (до 2,5 см) прослоях, сильно обогащенных гранатом и магнетитом.

Общая мощность металлоносной части галечников достигает местами до 1,5 м; сверху они обычно перекрываются слоем илов от 0,6 до 6 м мощностью. Ширина россыпей колеблется в пределах от 7,5 до 30 м. Вдоль берега они тянутся на 5 км в обе стороны от г. Номе. Как торфа, так и металлоносные пески обычно являются мерзлыми. Содержание металла очень различное, местами достигает до 260 г/т. Золото обычно очень мелкое, на 15 мг приходится примерно 70—80 чешуек; самородки встречаются очень редко и невелики по размерам (не более 8,5 г).

Источниками золота для образования береговых россыпей служили мелкие речки и ключи, впадающие на этом участке в море. Все они являются в той или иной мере золотоносными, а местами содержат весьма богатые россыпи. Именно их выносы и дали материал для образования как древних, так и современных береговых россыпей. В настоящее время верх-

ние россыпи частично размываются этими речками. Пополнение современной россыпи металлом, вероятно, шло также за счет перемыва более древних галечников, обладавших лишь убогим его содержанием.

Более бедные береговые россыпи известны на значительной части тихоокеанского побережья Америки, как Северной, так и Южной. В штатах Орегон и Калифорния (Северная Америка) из них, кроме золота, добывается также и платина; содержание металла в россыпях возобновляется после сильных штормов. Золото здесь еще мельче, чем в береговых россыпях Аляски: на 15 мг приходится от 100 до 600 золотинок. Аналогичные береговые россыпи известны и на восточном побережье Австралии, в Новой Зеландии и пр.

В пределах Союза береговые россыпи известны в очень немногих местах. Одной из наиболее известных является прибрежная подводная россыпь озера Байкал в районе с. Лиственничного. Бедные золотые россыпи кустарным способом разрабатывались старателями-корейцами на Уссурийском побережье Японского моря. Академик В. А. Обручев считает морскими некоторые россыпи Охотского золотоносного района.

Малое развитие у нас прибрежных россыпей, морских и озерных, объясняется отчасти тем, что подавляющее большинство наших золотоносных районов расположено в удалении от морских берегов; в тех же из них, которые расположены вблизи моря, кажущееся отсутствие прибрежных россыпей является лишь следствием их недостаточной изученности.

Глава XVIII

РОССЫПИ ПРЕЖНЕЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ

1. Эволюция очертаний гидрографической сети

Иногда в геологической литературе трактуются вопросы зарождения или первичного заложения гидрографической сети. При этом обычно представляется некая первичная поверхность, обладающая каким-то рельефом, но не орошаемая реками. Возникновение последних рисуется или в виде первичного очень сильного ливня, воды которого естественно устремляются по уклону первичной топографической поверхности, которая и определяет очертания первичной гидрографической сети, или же в виде заложения на окраинах рассматриваемой страны первичных дождевых рытвин, которые путем отстающей эрозии постепенно удлиняются и, превращаясь в речные долины, расчлениют страну сложной сетью.

Подобные построения являются совершенно искусственными. Участки земной поверхности, совершенно лишенные речных долин, представляют собою довольно редкое исключение. Это или карстовые области, где реки часто обладают подземным течением, или пустынные, неорошаемые местности. Но и в последних часто существуют или древние речные долины, сформировавшиеся в период более влажного климата, или долины временных водных потоков, образующихся после изредка выпадающих ливней.

Подавляющая же часть суши обладает всегда развитой сетью речных долин. При всех изменениях, которым подвергается данная страна, эта сеть не исчезает и не зарождается, но лишь претерпевает те или иные изменения в своих очертаниях, то плавные, то скачкообразные, которые иногда в результате приводят к полному ее перераспределению. Поэтому точно так же, как мы рассматривали преобразование речных долин в смене эрозионных циклов, но не их образование, мы будем рассматривать эволюцию очертаний гидрографической сети, но не ее зарождение. Изменения речной сети в вертикальном профиле были нами рассмотрены в части первой, сейчас мы рассмотрим изменения ее в плане.

Все эти изменения могут быть сведены к следующим основным группам:

- 1) удлинение или укорочение течения реки при ее устье или в истоке;
- 2) медленные боковые перемещения русла реки в тех или иных участках;
- 3) резкие изменения направления течения с образованием новых его участков и отмиранием старых.

Удлинение течения реки при ее устье происходит или наращиванием дельты работой самой реки, или наращиванием берега отлагающей деятельностью моря, или, наконец, относительным понижением его уровня. Во всех этих случаях старые очертания гидрографической сети не нарушаются, но она лишь пополняется новыми устьевыми участками. Если при отступании моря обнажающаяся площадь морского дна имеет больший уклон, чем река при своем устье, то происходит понижение базиса

эрозии, сопровождаемое соответствующим преобразованием речной сети. При наращивании рек при своих устьях несколько рек ранее самостоятельных могут слиться в одну.

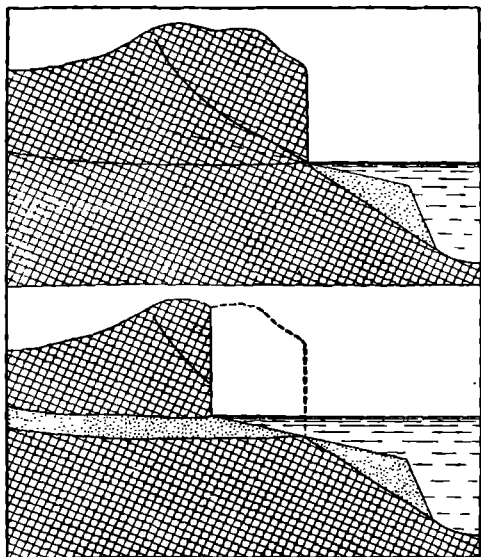
Расположение наращиваемых участков течения зависит от отложения материала в дельте и расположения главных ее рукавов, т. е. от причин в значительной мере случайных. При отступании моря значительное влияние может оказать рельеф обнажающейся части морского дна. При равномерном его уклоне от суши реки наращиваются в общем прямолинейными участками течения, располагающимися перпендикулярно береговой линии.

Уничтожение устьевых участков рек происходит или вследствие размывающей деятельности моря или при повышении его уровня. Интенсивный размыв морем своих берегов, сопровождаемый их усиленным отступанием, приводит к уничтожению устьевых участков всех речных долин без различия их уклона; это является для них понижением базиса эрозии. Россыпи, располагавшиеся в устьевых участках, также подвергаются уничтожению.

Если повышение уровня моря происходит достаточно медленно, то в участках крутых берегов оно сопровождается абразией; при быстром повышении уровня происходит простое затопление устьевых участков всех долин без различия их уклонов. Это является для речной сети повышением базиса эрозии и ведет к образованию новой дельты и накоплению аллювия по всей речной сети. Вместе с тем, затопленные устьевые участки долин с расположенными в них россыпями могут оказаться погребенными новыми дельтовыми и прибрежными отложениями.

В случае абразии берега судьба устьевых участков долин зависит от соотношения их уклона с уклоном формирующейся абразионной поверхности. Если уклон последней меньше уклона долин, то их устьевые участки подвергаются уничтожению с понижением базиса эрозии. Те же долины, уклон которых меньше уклона абразионной поверхности, подвергаются лишь затоплению с повышением базиса эрозии. Таким образом, наступание моря с образованием абразионной поверхности вызывает понижение базиса эрозии для одних долин и повышение его для других в зависимости от их уклона (фиг. 132). Во всех случаях уничтожение устьевых участков рек может повести к тому, что реки, бывшие ранее притоками, приобретают собственное морское устье и становятся вполне самостоятельными.

Удлинение и укорочение речной сети в ее истоках всегда бывает связано с усилением и ослаблением эрозионной деятельности. При усилении эрозии, т. е. с каждым новым эрозионным циклом, верховья всех речек наращиваются путем отступающей эрозии. Обычно это постепенное удлинение не бывает особенно большим, если оно не сопровождается перехватом части смежной речной системы. Более значительным оно бывает в тех случаях, когда смежные речные системы обладают очень различной эрозионной



Фиг. 132. Влияние абразии на долины различного уклона.

активностью. Помимо удлинения верховьев, в крутых бортах углубленных долин могут закладываться совсем новые долинки, сначала в виде дождевых рытвин, которые, постепенно углубляясь, расширяясь и удлиняясь, превращаются в долинки небольших ключей. При этом густота речной сети и расчлененность рельефа возрастают. Особенно характерен этот процесс для пенецлены, превращаемого последовательными понижениями базиса эрозии в горную страну.

Наоборот, при ослаблении эрозионной деятельности происходит отмирание верховьев некоторых рек и даже целых небольших ключей. Если такое отмирание происходит в достаточно расчлененной горной местности (например, будучи обусловлено климатическими причинами), то прежняя долинная сеть сохраняется неизменной, лишь некоторые участки долин становятся безводными. Если ослабление эрозионной деятельности связано с пенецленизацией местности, то могут отмереть верховья некоторых долин и даже целые долинки небольших ключей. Лишаясь постоянного водотока, они постепенно заполняются коллювием и пролювием, покрываются мощным болотистым растительным покровом и совершенно сравниваются с окружающими их пологими водораздельными пространствами.

Постепенные боковые перемещения рек и речных долин чаще всего бывают связаны с работой боковой эрозии. Эти перемещения могут происходить как при неизменном высотном положении русла, так равно и при его повышении или понижении. Боковые смещения при неизменном уровне русла происходят в фазу покоя; обычно они невелики и ограничиваются небольшими участками речных долин. Чаще всего они выражаются лишь в перемещениях реки в пределах ее же долины, но не в смещениях самой долины.

Боковые перемещения, происходящие с понижением уровня русла, т. е. приуроченные к фазе углубления долин, могут быть весьма значительны. Смещениям могут подвергаться как отдельные участки долин, так и долины в целом. При этом притоки, впадающие с одной стороны, удлиняются, впадающие с другой — укорачиваются. В подобных смещениях больше, чем в любых других, сказывается приспособление речной сети к геологической структуре местности; именно при этом проявляется так называемая избирательная эрозия, заставляющая речные долины располагаться преимущественно в мягких породах и обходить или пересекать по кратчайшему направлению более твердые. В результате длительного проявления избирательной эрозии, по прошествии нескольких эрозионных циклов, речная сеть может оказаться полностью приспособленной к геологической структуре, иногда при весьма сильном изменении ее первоначальных очертаний.

Боковые перемещения русла реки с повышением его уровня в небольшом масштабе имеют место в фазу накопления наносов. Более значительные перемещения связаны с эпохами погружения при заполнении долин мощными толщами аллювия. Эти перемещения происходят сначала в пределах самой долины — или плавно или скачкообразно, с образованием береговых возвышений и их последующим прорывом. По заполнении долины и погребении водоразделов между ними перемещения рек уже не связаны прежними контурами долин и не определяются геологической структурой, скрытой мощной толщей аллювия. Новые направления рек определяются лишь общим уклоном местности и ходом накопления аллювия в различных участках формирующейся равнины.

Чем больше первоначальная местность приближалась к пенецлену, тем скорее она может быть превращена в аллювизальную равнину при полном перераспределении ее гидрографической сети. При последующих понижениях базиса эрозии, когда речная сеть вновь будет углубляться,

она наложится на подлежащую геологическую структуру и будет с нею совершенно не согласована. Подобное явление происходит и во всех тех случаях, когда речная сеть при своем углублении переходит из одного структурного яруса в другой, с более сложной структурой, например, из едва дислоцированных пород меловой вулканогенной толщи в сильно дислоцированные и интродуцированные гранитами породы триаса и юры (Колымский район) или из горизонтально лежащих известняков кембрия в сильно дислоцированную толщу архея (Алданская плита). Подобная речная сеть называется наложенной.

Полное перераспределение гидрографической сети с повышением ее уровня может иметь место при погребении долин не только аллювиальными, но и любыми другими образованиями, например озерными, вулканическими и пр. При погребении долин рыхлыми вулканическими выбросами речная сеть претерпевает сравнительно плавную эволюцию; при погребении лавовыми потоками и покровами одни реки могут уничтожаться с образованием совершенно новых, определяемых рельефом аккумулятивной вулканической поверхности.

Несколько особняком стоят случаи вытеснения реки из ее собственной долины, занимаемой какими-либо посторонними образованиями, например ледником или лавовым потоком. Если река не меняет резко направления своего течения, то она располагается по краю ледника или лавового потока, углубляя здесь себе новую долину рядом со старой и параллельно ей.

Резкие изменения направления течения в отдельных участках речной сети играют громадную роль в ее эволюции. Эти изменения могут происходить двумя способами: или путем отступающей эрозии одной реки с захватом ею верховьев смежной речной системы или при подпирании какого-либо участка речной сети с образованием озера и стоком его через наиболее пониженную точку замыкающих его возвышенностей.

При очень долговременном развитии речной сети положение водораздельных линий в ней определяется тем условием, чтобы эрозионная сила рек по одну и другую сторону водораздела была одинакова, т. е. чтобы процесс глубинной эрозии, распространяясь от базиса эрозии вверх по речной сети, достигал водораздельной линии примерно в одно время. При этом ни одна из речных систем не будет иметь возможности развиваться путем отступающей эрозии за счет другой. Такой водораздел может быть назван уравновешенным. После приспособления речной сети к геологической структуре и выработки уравновешенных водоразделов речная сеть может считаться окончательно установившейся.

Если после этого произойдут какие-либо изменения в направлении течения рек или в их многоводности, или же при понижении базиса эрозии реки врежутся из одного структурного яруса в другой, уравнированность водоразделов нарушится, и они под влиянием отступающей эрозии начнут свое перемещение от более активной речной системы в сторону менее активной, стремясь вновь стать уравновешенными. Если нарушение уравнированности водораздела было очень резким, то водораздельная линия может переместиться на весьма значительное расстояние, причем в пределах полосы перемещения речная сеть подвергнется полному перераспределению, перейдя из одной речной системы в другую. Зная, какие именно изменения в очертаниях гидрографической сети нарушили уравнированность водораздела, по степени его неуравнированности и величине смещения от его первоначального положения можно с известным приближением судить о давности этих изменений. Примеры этого будут рассмотрены несколько ниже.

Таким образом, присоединение участков одной речной системы к другой благодаря отступающей эрозии как бы является реакцией речной

системы на нарушение уравновешенности ее водоразделов. Причиной же этого нарушения чаще всего являются те изменения гидрографической сети, которые обусловлены подпиранием отдельных ее участков. Это подпираание, как мы знаем, может быть вызвано весьма разнообразными причинами. К их числу должны быть отнесены и тектонические поднятия и опускания, также производящие подпруживание речной сети.

Если скорость тектонического поднятия не особенно велика, то река по мере поднятия пропиливает образующееся вздутие, и никакого перераспределения гидрографической сети не происходит. Если река с этой работой не справляется, то она оказывается подпруженной с образованием озера, которое при повышении его уровня получает сток или вдоль старого направления реки или в совершенно новом месте. В случае опускания точно так же или образуется озеро или река успевает заполнить своим аллювием образующуюся депрессию. В последнем случае возникает участок аллювиальной равнины, под уровень которой могут погрузиться наиболее низкие из окружающих ее водоразделов, после чего река может получить сток в совершенно ином направлении.

Таким образом, в большинстве случаев схема эволюции очертаний гидросети может быть представлена в следующем виде:

1. Существование устойчивой гидросети с уравновешенными водоразделами.

2. Погружение гидросети или ее подпирание с образованием озер, аллювиальных равнин и пр.

3. Изменение очертаний гидросети, нарушающее уравновешенность водоразделов.

4. Усиление работы отступающей эрозии по одну сторону водоразделов.

5. Отступление водоразделов, сопровождаемое многочисленными перехватами одних рек другими.

6. Выработка уравновешенных водоразделов и устойчивых очертаний гидросети.

В некоторых случаях приведенная схема может несколько разнообразиться. Иногда вместо пп. 2 и 3 может иметь место простой переход гидрографической сети при ее углублении из одного структурного яруса в другой и т. д. Но основная мысль схемы неизменно остается в силе: как и в вертикальном профиле, гидрографическая сеть может иметь в плане равновесные и неравновесные очертания. Последние создаются посторонними факторами, не связанными неразрывно с эрозионной деятельностью: тектоническими движениями, проявлениями вулканизма, геологической структурой (пассивное влияние), процессами оледенения и пр. Нарушенная в своих равновесных очертаниях гидрографическая сеть своими внутренними силами вновь стремится их восстановить, для чего еще раз меняет свои очертания.

Аналогично эрозионным циклам можно было бы наметить и здесь определенную цикличность: состояние равновесия, нарушение его внешними силами, восстановление его внутренними силами речной системы, вновь состояние равновесия. Однако на практике проследить такие циклы совершенно невозможно. Прежде всего, в отличие от понижений базиса эрозии, чаще всего носящих региональный характер, здесь нарушения равновесия чаще носят местный характер, благодаря чему нельзя проводить их параллелизацию для различных участков речной сети. Кроме того, если нарушение равновесия происходит достаточно быстро, то восстановление его идет крайне медленно: ведь оно протекает в самых верховьях речной сети, обладающих весьма незначительной эрозионной силой.

Благодаря этому восстановление уравновешенности водоразделов часто затягивается на много эрозионных циклов, в течение которых могут

произошли новые нарушения равновесия. Распространяясь на различные участки речной сети и накладываясь друг на друга, все эти нарушения создают весьма сложную картину состояния водоразделов, в которой иногда бывает затруднительно разобраться.

В результате постоянных изменений очертаний гидросети отдельные ее участки отмирают и сохраняются либо погребенными, либо приподнятыми над современной гидрографической сетью. Для россыпника они представляют интерес в том отношении, что в пределах золотоносных районов могут содержать аллювиальные россыпи золота, иногда весьма богатые. Для того чтобы не пропускать без внимания подобные участки, представляющие большой интерес, россыпник должен достаточно ясно представлять себе историю развития гидрографической сети данного района.

2. Россыпи погребенной гидросети

В гл. XIII мы уже говорили об условиях образования погребенных россыпей. В дальнейшем изложении мы будем различать погребенные россыпи и россыпи погребенной гидросети. Хотя принципиальной разницы между ними нет (и те и другие являются погребенными), но практически разница достаточно ощутительна. Погребенными россыпями мы будем называть россыпи, подвергшиеся погребению при сохранении индивидуальности заключающих их речных долин. Таким образом для их обнаружения достаточно пройти до плотика всю толщу отложений, выполняющих данную долину.

Россыпями погребенной гидросети мы будем называть такие россыпи, которые подверглись погребению с уничтожением индивидуальности заключающих их долин и с полным изменением очертаний гидрографической сети. При этом на месте прежнего долинного ландшафта возникает или аллювиальная равнина или новый долинный ландшафт, но с совершенно иным направлением речных долин. Для обнаружения этих россыпей необходимо прежде всего заподозрить, что в данном районе имеется какая-то погребенная гидрографическая сеть, и уже затем заниматься выяснением ее очертаний, что обычно представляет довольно сложную задачу.

Главнейшими случаями погребения гидросети являются следующие:

1. Затопление морем устьевых участков речной сети с погребением их прибрежными и дельтовыми отложениями.

2. Погребение более или менее значительных участков речной сети аллювиальными отложениями, речными или озерными, с образованием аллювиальных равнин.

3. Погребение участков речной сети вулканическими образованиями.

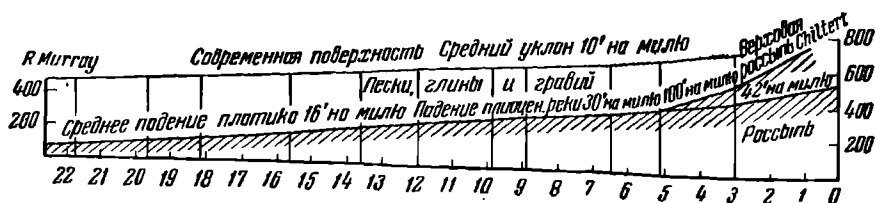
Что касается всех остальных случаев погребения (ледниковыми отложениями, коллювиальными образованиями, небольшими лавовыми потоками и пр.), то они обычно ограничиваются погребением россыпей, т. е. перекрытием дна долины, но не ее полным уничтожением.

Погребенные морскими отложениями устьевые участки речной сети могут быть развиты там, где имели место морские постплиоценовые трансгрессии. Сюда относятся берега Охотского, Берингова и Северного полярного морей. На побережье Охотского моря известны значительные бухтообразные депрессии, выполненные морскими галечниками; к ним принадлежат депрессии в низовьях рек Кухтуя и Охоты около Охотска, в низовьях рек Тауя и Яны около Тауйска и др.

Все эти депрессии, повидимому, были обязаны не трансгрессии, а ингрессии моря, т. е. его вторжению, не сопровождавшемуся абразией. Поэтому они представляют благоприятные условия для сохранения устьевых участков речной сети в погребенном состоянии. В Охотском районе

эти погребенные участки могут содержать россыпи, но обнаружение последних было бы чрезвычайно затруднительно, так как они сейчас должны лежать ниже уровня моря и при талом грунте обладать весьма большим притоком воды. Обширная равнина морской постплиоценовой трансгрессии известна также в низовьях Анадыря.

Особенный интерес представляет громадная низменность, расположенная между низовьями рек Колымы и Индигирки. Геологическое строение этой низменности, повидимому, довольно сложное; среди покрывающих ее рыхлых отложений, вероятно, присутствуют и отложения морских трансгрессий, и озерно-речные отложения, и ледниковые. Основание этой низменности сложено коренными породами — осадочными и магматическими, которые местами выдаются в виде отдельных островов из-под толщи рыхлых наносов. Присутствие этих выходов говорит за то, что



Фиг. 133. Продольный разрез глубоких россыпей долины Chilter и Rutherglen Виктории (Австралия). показывающий более крутой уклон третичных речных долин (по Линдгрену).

местность не подвергалась абразии и что есть шансы на сохранение древних речных долин в погребенном состоянии. Если и здесь коренные породы, как во многих других участках Колымского и Индигирского бассейнов, являются золотоносными, то эта погребенная речная сеть должна содержать аллювиальные россыпи золота.

Погребение речной сети аллювиальными озерно-речными отложениями с образованием участков равнинного рельефа является весьма обычным. Каждую аллювиальную равнину, расположенную в пределах золотоносного района или по его периферии, мы можем подозревать в том, что под ней погребена древняя речная сеть, содержащая аллювиальные россыпи. Так как при образовании подобных равнин возможность уничтожения древних россыпей работой абразии или эрозии совершенно исключена, то при условии золотоносности окружающих и подстилающих равнину коренных пород существование этих россыпей не требует доказательств. Обратное положение, что эти россыпи отсутствуют, потребовало бы серьезных доказательств.

Также возможно нахождение долинных россыпей погребенной речной сети в равнинных участках низовьев р. Амура и, может быть, местами в Забайкалье. Древние долины ничем не выражаются на современной плоской поверхности, а иногда направления современных долин и древних золотоносных россыпей пересекаются между собою, на что указывал еще К. И. Богданович.

Одними из наиболее известных россыпей погребенной гидросети являются россыпи Восточной Австралии. Они образовались еще в конце третичного времени, а в постплиоцене, благодаря общему погружению страны, были погребены мощной толщей илов и глин. Окончательное уничтожение древней долинной сети было закончено потоками базальтовой лавы, достигавшими местами мощности до 120 м. Направление этих долин обнаруживается только по этим потокам. Россыпи погребенной гидросети являются весьма богатыми и местами прослеживаются на протяжении 80—96 км. Благодаря неравномерному поднятию страны в постплиоценовое

время верховья третичной речной сети расположены выше уровня современных долин (фиг. 133). Именно здесь древние россыпи и были обнаружены впервые.

Погребение речной сети вулканическими образованиями представляет для обнаружения россыпей те же трудности, что и погребение ее аллювиальными отложениями. Надо прежде всего заподозреть, что под вулканическими породами погребена металлоносная речная сеть и, во-вторых, выяснить ее очертания. Если погребение речной сети произведено отдельными лавовыми потоками, то они уже достаточно ясно сами указывают направление древних долин. Если же погребение произведено лавовыми покровами, одними или совместно с пепловым материалом, то выяснение очертаний древней гидросети является весьма затруднительным, а иногда и невозможным. При последующих поднятиях новая речная сеть может врезаться ниже уровня древней сети. Последняя из погребенной превратится в поднятую, благодаря чему самый процесс ее обнаружения и выяснения ее очертаний будет значительно облегчен.

3. Россыпи поднятой гидросети

При относительных поднятиях горной страны ее речная сеть углубляется, а остатки древних россыпей сохраняются на речных террасах, располагающихся на склоне долины. Обнаружение этих россыпей не представляет больших трудностей, так как они приурочены к вполне определенным элементам рельефа — речным террасам, а когда последние замаскированы процессами денудации, то террасовые россыпи все-таки сохраняются на склонах долин и, таким образом, связаны с современными очертаниями долинной сети.

Кроме того, есть еще одна категория поднятых россыпей — это россыпи, связанные с древними, ныне уже уничтоженными очертаниями долинной сети. В отдельных своих участках эти россыпи могут располагаться вдоль современных речных долин на некоторой высоте над ними. Но обычно они идут совершенно независимо от современных очертаний гидрографической сети, неоднократно пересекаются современными долинами и иногда располагаются на вершинах водоразделов или в их седловинах. Таким образом, в отличие от террасовых россыпей они не связаны с определенными элементами рельефа и современными очертаниями долинной сети. Поэтому мы их будем различать от террасовых, называя россыпиями поднятой гидросети.

Сохранение этих россыпей может быть вызвано самыми разнообразными причинами. Среди них наиболее обычными являются:

1. Постепенное превращение в подобные россыпи россыпей наиболее высоких террас.

2. Сохранение в поднятом состоянии отмерших верховьев речных долин.

3. Сохранение в поднятом состоянии участков речных долин, отмерших при перераспределении речной сети, вследствие ее подпирания.

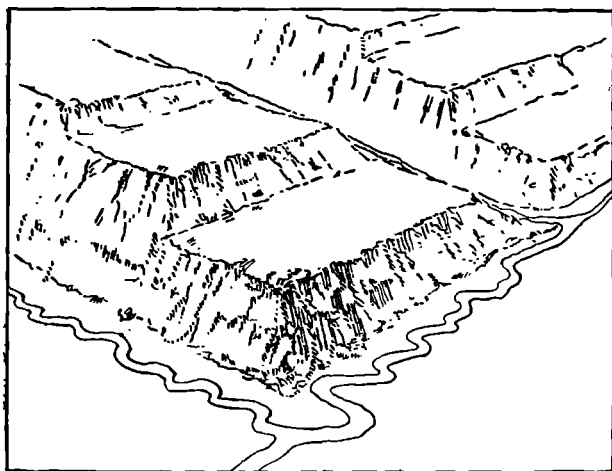
4. Отмирание участков речных долин вследствие работы отступающей эрозии.

5. Поднятие погребенной гидросети.

Если в течение ряда последовательных эрозионных циклов речная долина не обнаруживает тенденции к боковому смещению в каком-либо определенном направлении, то условия для сохранения речных террас неблагоприятны, и последние не могут располагаться в очень большом удалении от современной долины. Если же в течение нескольких эрозионных циклов подряд проявляется односторонняя боковая эрозия, то речные террасы пользуются очень большим развитием, и наиболее высокие

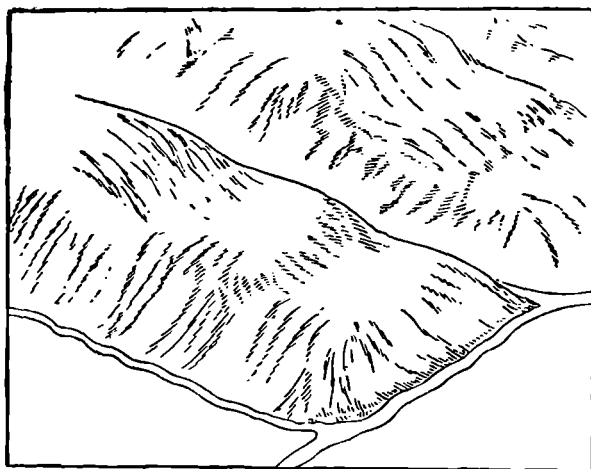
из них могут располагаться в очень большом удалении от современной долины.

Так как боковое смещение долины при ее углублении не на всем протяжении может быть одинаково, то оно сопровождается изменением ее очертаний, и наиболее высокая терраса может оказаться расположенной



Фиг. 134. Серия террас, разрезаемая долинами притоков.

уже не параллельно современной долине. Так как вся серия террас разрезается долинами притоков на отдельные участки (фиг. 134), то разрушение их процессами денудации идет не с одной, а сразу с трех сторон; поэтому наиболее высокие террасы обычно принимают округлые формы увалов (фиг. 135) и не сразу могут быть определены на основании морфологических признаков. Хорошим признаком для их установления является присутствие на их поверхности или на склонах хорошо окатанной гальки. Особенно легко идет преобразование террас в увалы при большой мощности покрывающих их рыхлых аллювиальных отложений. Если на склонах долин притоков развиваются еще боковые распадки, расчленяющие высокие террасы в продольном направлении, то установление их по морфологическим признакам становится еще более затруднительным (фиг. 136).



Фиг. 135. Серия террас, сглаженная в форме увала.

Когда пенешлен или местность, близкая к нему по характеру рельефа, подвергается омоложению, то отмершие верховья долин и целые боковые долиньки, не содержа в себе водотока, могут не омолодиться, а сохраниться в виде едва заметных дельтеобразных понижений на приподнятой поверхности пенешлена, иногда даже совершенно не выражаясь в его рельефе. Вместо них могут зародиться и развиваться путем отступающей эрозии боковые долиньки в совершенно других местах. Такие поднятые отмершие долиньки довольно трудны для обнаружения, но они могут заключать в себе хотя и не очень крутые, но богатые россыши (фиг. 137).

При перераспределении речной сети вследствие подпирания отдельные ее участки неизбежно отмирают. Если причиной перераспределения является погребение некоторых участков долин какими-либо образова-

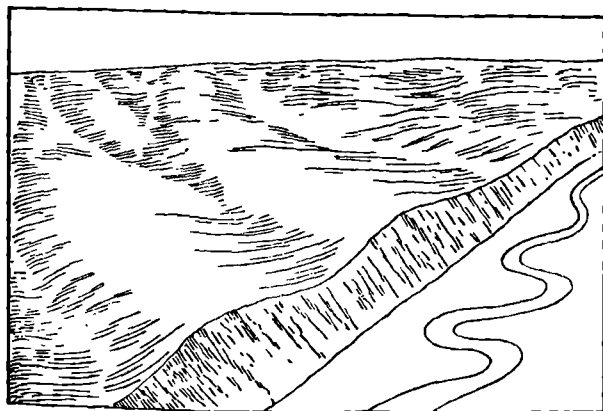
ниями, то эти участки остаются в погребенном состоянии, но на уровне современных же долин. Обнаружение их в этом случае облегчается еще тем, что в связи с ними всегда находятся эпигенетические участки. При последующих поднятиях погребенные участки оказываются поднятыми над современной речной сетью, а связанные с ними эпигенетические участки разрабатываются в нормальные долины. Поэтому обнаружение таких участков после поднятия часто требует довольно тонкой наблюдательности.

При перераспределении речной сети тектоническими движениями часто отмирают значительные участки речных долин. Однако и при последующих поднятиях обнаружение их является достаточно легким, так как они и после поднятия сохраняют свою характерную форму. То же самое относится и к перераспределению сети при вулканических поднятиях (внедрение лакколитов).

При развитии отступающей эрозии, когда реки менее активного бассейна перехватываются реками более активного, также могут отмирать значительные участки долин. Особенно характерно это отмирание в том случае, если развитие отступающей эрозии идет в направлении, перпендикулярном долинам менее активного бассейна. Последние долины разрезаются вершинками активных рек на отдельные куски, которые совершенно отмирают и в дальнейшем сохраняются как деталь в скульптуре водораздельных возвышенностей (широкие седловины с плоским дном)



Фиг. 136. Серия террас, расчлененная боковыми распадами.



Фиг. 137. Отмершие долинки на приподнятой поверхности пенеплена.

(фиг. 138). Так, например, в Алданском районе притоки р. Якокута разрезали на куски прежнюю долину р. Малого Ыллымаха; в Колымском районе верховья р. Пригожей разрезают на куски долину кл. Таежного. Обнаружение таких участков прежних долин не представляет затруднений, когда они только-что отмерли, и может быть довольно сложно по прошествии некоторого времени, когда все формы рельефа значительно сглаживаются.

Во всех рассмотренных случаях отмирают и сохраняются в поднятом состоянии отдельные участки речных долин, самое большее отдельные

долины или небольшие участки речной сети. При поднятии погребенной речной сети могут оказаться в поднятом состоянии громадные ее участки. Так как при погребении речной сети обычно происходит ее полное перераспределение, то при последующем поднятии врезающаяся речная сеть накладывается на погребенную сеть самым случайным образом, и погребенные долины пересекаются новыми в разнообразных направлениях. Аллювий погребенных долин выступает в бортах молодых долин на той или иной высоте над их дном в зависимости от глубины погребения и

глубины последующего врезания (фиг. 139). В условиях хорошей обнаженности в бортах долин может быть прослежен и погребенный рельеф.

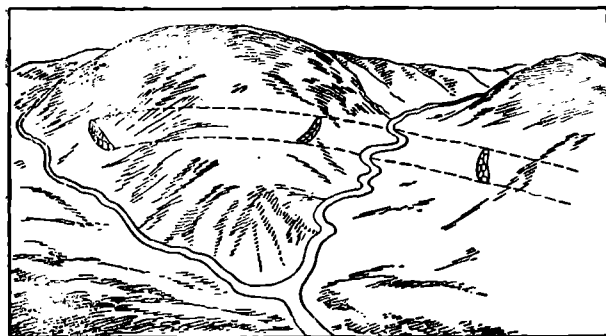
Если погребение речной сети произведено вулканическими образованиями, то древний аллювий, выступающий в бортах современных долин, может быть довольно легко обнаружен. При плохой обнаженности обнаружение его значительно труднее, так как та галька, которая видна при этом на поверхности, легко может быть принята за остатки обычной речной террасы. Если погребение произведено аллювиальными же озерно-речными отложениями, то обнаружение аллювия погребенной гидросети

может стать очень затруднительным. Наиболее рациональным для его выявления является прослеживание погребенного рельефа в бортах современных долин, сопровождаемое лотковым опробованием основания аллювиальной толщи. Примерно в подобных условиях находится Нижнезейская аллювиальная равнина, в которой основание аллювиальной толщи уже прорезано долинами самой р. Зеи и наиболее крупных ее притоков. Изучение расположения погребенной гидросети и ее золотоносности здесь еще не начато.

Наиболее известным примером высоко поднятой погребенной речной сети является древняя речная сеть Калифорнии (США), содержащая богатые золотоносные россыпи третичного возраста (см. гл. XIII, 6, и фиг. 85). Эта речная сеть дважды подвергалась погребению с последующим ее поднятием. В настоящее время расположение древних речных долин здесь выяснено. Галечники этих погребенных долин выходят на склонах современных долин иногда на весьма большой высоте над их дном. Они



Фиг. 138. Отмирание участков долин при развитии отступающей эрозии.



Фиг. 139. Аллювий погребенной речной сети, выступающий после поднятия в бортах современных долин.

были обнаружены старателями благодаря тому, что прорезающие их овраги на склонах современных долин после каждого дождя выносили значительное количество золота. Проследивая золото вверх по оврагам, старатели обнаружили древние россыпи, перекрытые третичными вулканическими образованиями.

В пределах наших золотоносных районов россыпи древней, поднятой речной сети пользуются очень небольшой известностью. Объясняется это не тем, что они не существуют, а лишь тем, что до сего времени их обнаружению не уделялось почти никакого внимания. Между тем высоко залегающие древние галечники известны в очень многих районах (Селенгинский, Мало-Хинганский, Зейский и мн. др.). Надлежащим образом поставленное их изучение, несомненно, привело бы к обнаружению древних поднятых россыпей.

4. Примеры развития гидросети восточной части Советского Союза

Поскольку история развития россыпей данного золотоносного района находится в тесной и неразрывной связи с развитием его гидрографической сети, казалось бы, что при геологическом изучении золотоносных районов должно уделяться большое внимание истории развития их рельефа вообще и речной сети — в частности. Между тем ни в одном из наших золотоносных районов история развития речной сети не изучена сколько-нибудь обстоятельно. Поэтому в качестве примеров развития речной сети можно дать лишь несколько самых общих набросков.

Территория Колымского района была окончательно превращена в сушу процессами верхнеюрской — нижнемеловой (верхоянской) складчатости. Гранитные интрузии, сопровождавшие эту складчатость, вызвали образование золоторудных месторождений. Возникшая в результате складчатости горная страна в течение нижнемелового и, может быть, некоторой части верхнемелового времени подвергалась интенсивной деструкции. Гранитные интрузии и сопровождающие их золоторудные месторождения были вскрыты; размыв последних, вероятно, дал аллювиальные россыпи.

Вулканическая деятельность, начавшаяся первоначально в районе Охотского побережья и постепенно распространявшаяся отсюда по направлению к северу, в конце мелового периода достигла золотоносного района. Верхнемеловая речная сеть с ее аллювиальными россыпями была погребена вулканическими отложениями. Не исключена возможность, что в течение эпохи вулканизма, захватившей и часть третичного времени, перераспределение речной сети происходило неоднократно. По окончании проявлений вулканизма вулканогенная толща была дислоцирована — довольно сильно в районе Охотского побережья и едва заметно в пределах золотоносного района. Эти дислокации окончательно сформировали третичную послевулканическую речную сеть, приспособив ее к тектонике вулканогенной толщи.

В течение конца третичного и начала четвертичного периода речная сеть углублялась. Сначала были вновь вскрыты гранитные массивы, определившие дальнейшее направление избирательной эрозии, а затем и довулканическая речная сеть. К началу ледниковой эпохи вулканогенная толща почти на всей территории золотоносного района была уже уничтожена, сохранившись лишь отдельными участками по его периферии, там, где общее поднятие страны было менее значительным. Повидимому, к началу ледниковой эпохи речная сеть района почти повсеместно обладала уравновешенными водоразделами.

Первое оледенение, разыгравшееся примерно на уровне 350—400 м выше дна современных речных долин, повело к значительному перераспределению речной сети. Та же картина повторялась и во время последующих оледенений. В результате многие реки изменили свое направление, а некоторые из них были вынуждены проложить свои новые долины через гранитные массивы. В сравнительно короткие межледниковые эпохи, сопровождавшиеся понижениями базиса эрозии и углублением речной сети, не успевали вырабатываться уравновешенные водоразделы. Поэтому по окончании последнего оледенения, разыгравшегося примерно на уровне современных долин, но бывшего далеко не повсеместным, в районе осталось значительное количество неуравновешенных водоразделов. Уравновешивание их происходит до настоящего времени. Пример резко неуравновешенного водораздела рч. Урутукана с притоками р. Колымы нами уже упоминался неоднократно.

К ледниковой же эпохе относится ожесточенная борьба рек Охотского и Колымского бассейнов за водораздел, сопровождавшаяся целым рядом исключительно интересных эпизодов. В процессе этой борьбы водораздел неоднократно передвигался то в одну, то в другую сторону на десятки километров. Благодаря тому, что многие реки Колымского бассейна оказались зажатыми в гранитах, в настоящее время перевес находится на стороне рек Охотского бассейна.

Таким образом в Колымском районе могут быть обнаружены участки древней речной сети следующего характера:

1. Участки довулканической сети — по периферии района.
2. Отмершие участки доледниковой речной сети — довольно многочисленны, но не изучены.
3. Отмершие участки ледниковых и межледниковых долин — обычны, но не изучены.
4. Участки долин, отмершие в результате послеледникового уравновешивания водоразделов.

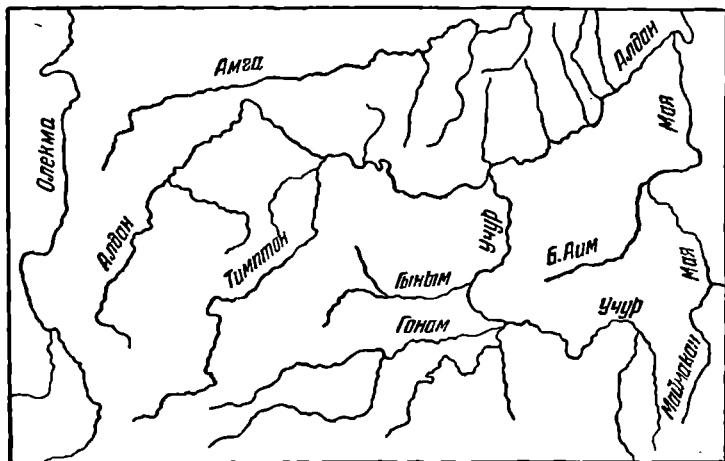
Известные в настоящее время россыпи расположены в современных долинах и на их наиболее низких террасах.

Развитие речной сети южной части Алданской плиты шло совершенно иным путем (фиг. 140). В середине или в конце юрского периода значительную часть этой области покрывал обширный пресноводный бассейн. Вдоль южного берега в него впадали небольшие речки в общем меридионального направления, бравшие начало со Становика. При сокращении этого бассейна его южный берег отступал в северном направлении; все реки наращивались при своих устьях, сохраняя меридиональное направление, согласно уклону обнажавшегося дна озера. Так возникла сеть параллельных долин меридионального направления. Это направление до сего времени сохраняется долинами таких рек, как Чара, Токко, Олекма, верхний Алдан, Тимптон, нижний Учур и др. Повидимому, первоначально широтной части долины Алдана и параллельной ей долины Амги не существовало. В пользу этого говорит меридиональное направление некоторых речных долин между Алданом и Леной, являющееся в некоторых случаях восточным.

При дальнейших поднятиях и углублении речных долин реки оказались врезанными в породы различной твердости. Первоначальная уравновешенность водоразделов постепенно нарушалась, и реки восстанавливали ее путем отступающей эрозии. Последняя успешнее всего могла развиваться по простиранию наиболее мягких горизонтов. Так как осадочные породы плиты обладают в общем очень слабым уклоном к северу, то развитие отступающей эрозии повело к формированию широтных участков долин. Повидимому, процесс этот начался с востока; первоначально Алдан, представлявший, по существу, левый приток Май, перехватил путем от-

ступающей эрозии нижний Учур (верхний Учур в то время составлял вершину Большого Айма, левого притока Майи); затем был перехвачен Тимптон, и последней была присоединена вершина Алдана. Речная сеть южной части плиты была в основных чертах сформирована.

Значительные изменения в очертаниях речной сети произошли несколько позднее, в связи с внедрением сиенитовых лакколлитов. Эти лакколлиты приподняли прикрывающие их осадочные породы, образовав на поверхности вздутия, подпрудившие речную сеть. Внедрение лакколлитов и образование вздутий протекали настолько быстро, что даже наиболее крупные водные артерии не могли их пропилить, а вынуждены были изменить свое течение. Верхний Учур оказался отрезанным от Большого



Фиг. 140. Схема речной сети южной части Алданской плиты.

Айма и, образовав широтный участок течения в обход лакколлитов Кет-Капа, присоединился к нижнему Учuru. Сформировались примерно широтные долины рек Гиньма и Гонама; нижний Тимптон подался к востоку, в муьду между вздутиями Алданского и Тьркандинского районов.

В участках самих интрузий произошло полное перераспределение речной сети; вздутия над лакколлитами везде оказались местными водораздельными узлами, и направление речных долин оказалось обусловленным расположением лакколлитов. Таким образом, новые водоразделы расположились по отношению к речной сети совершенно случайно и, естественно, не могли быть уравновешенными. Процесс их уравновешивания начался тотчас по образованию лакколлитов и в настоящее время находится в полном разгаре. Примером этого может служить неоднократно упоминавшийся резко неуравновешенный водораздел рек Якокута и Малого Ыллымаха.

Примерно в одно время с внедрением лакколлитов в южной части плиты происходило образование горстов. При этом отдельные блоки твердых пород архея были выдвинуты на сотни метров вверх, в толщу мягких осадочных пород. Поднятие горстов происходило настолько медленно, что они успевали пропиливаться по мере поднятия не только такими реками, как Учур и верхний Алдан, но и такой сравнительно небольшой рекой, как Большой Ыллымах. Лишь наиболее мелкие реки не могли справиться с этой работой и подверглись полному перераспределению: горсты сделались местными водоразделами для всех небольших рек.

По мере дальнейших поднятий и углубления речной сети последняя стала переходить из одного структурного яруса в другой: из мягких горизонтально залегающих осадочных пород в твердые породы архейского основания. Прежде всего этот процесс начался в участках горстов, а затем распространился и на участки между ними. Неуравновешенность прежних, связанных с лакколитами водоразделов еще усилилась, равновесие многих других было нарушено. Главный Алдано-Зейский (Становой) водораздел, бывший уравновешенным в течение длительного срока, также стал неуравновешенным и начал постепенно отступать к северу. В настоящее время вся речная сеть южной части Алданской плиты находится в стадии уравнивания своих водоразделов, нарушенных внедрением лакколитов, образованием горстов и переходом речной сети из осадочных пород в породы архея.

В пределах бассейна р. Алдана известна золотоносность двух возрастов: древняя, докембрийская, связанная с гранитными интрузиями Становика, и молодая, послекюрская, связанная с сиенитовыми лакколитами. Поэтому участки древней, долакколитовой речной сети, если они и сохранились где-либо, могут быть золотоносны лишь вблизи Становика. В районах развития лакколитов могут быть золотоносны лишь участки послелакколитовой речной сети, т. е., кроме современных долин, те участки древних долин, которые отмерли в процессе уравнивания водоразделов.

В Зейском районе речная сеть в основных чертах также была сформирована в послекюрское время. После верхнеюрской складчатости в районе образовалось несколько волнообразных вздутий, обусловивших соответствующее распределение речной сети: между Становиком и вздутием Тукурингра — Джагды расположился Гиллой, впадавший через Уду непосредственно в Охотское море; южнее Тукурингры расположились Уркан Зей и еще южнее — Амур. Строгую параллельность речной сети нарушала масса Малого Хингана. В меловое и третичное время, повидимому, речная сеть неоднократно изменяла свои очертания, но основные черты ее строения сохранялись.

К третичному времени относится образование обширного поперечного прогиба в нижнем течении Зей, поведшее к погребению речной сети и образованию равнинного участка рельефа. В четвертичное время этот прогиб возобновился, захватив значительно большую площадь и распространившись даже в северу от Тукурингры, в среднее течение Гиллой — Уды. Золотоносная речная сеть была погребена на значительных пространствах. К северу от Тукурингры — Джагды образовалось озеро, и Гиллой отделился от Уды; благодаря продолжающемуся погружению озеро получило сток не в Уду, а через седловину хребта Джагды к югу, по направлению к р. Зее, к которой Гиллой и присоединился. Скорее всего, это присоединение произошло не через современную долину р. Зей, а через долину, занимаемую сейчас вершиною р. Депп, а современный прорыв Зей через Тукурингру образовался позднее, в процессе уравнивания водоразделов.

В настоящее время речная сеть Зейского бассейна в результате последних поднятий находится в периоде углубления. Сама Зей и более крупные ее притоки уже прорезали рыхлые отложения Нижнезейской равнины и врезались в коренные породы. Здесь погребенная речная сеть постепенно переходит в поднятое состояние, чем создаются благоприятные условия для ее обнаружения и исследования. В Верхнезейской равнине этот процесс еще не начался.

Неоднократные изменения очертаний гидросети каждый раз приводили к последующему уравниванию водоразделов. Этот процесс во многих местах Зейского бассейна протекает еще и в настоящее время.

Приведенные схемы развития речной сети трех районов являются весьма приближенными, но они ясно показывают, насколько разнообразными путями может идти это развитие. Эти схемы являются, конечно, слишком грубыми для того, чтобы служить для направления поисково-разведочных работ на россыпи древней гидрографической сети. Но точные схемы, составленные на основании специальных геоморфологических исследований и дающие картину развития каждой речной долины и каждого водораздела, могут дать весьма ценные указания по направлению поисков и повести к выявлению новых металлоносных россыпей.

Глава XIX

ИСКОПАЕМЫЕ РОССЫПИ

1. Понятие об ископаемых россыпях

До сего времени мы занимались рассмотрением россыпей, образовавшихся в сравнительно недавнее время — в течение третичного или, чаще, четвертичного периода. Эти россыпи обычно залегают примерно параллельно земной поверхности и на сравнительно небольшой глубине от нее. Почти всегда они бывают связаны с определенными элементами рельефа, а когда в более древних россыпях эта связь становится недостаточно отчетливой, то быстрого изучения россыпи обычно бывает достаточно, чтобы установить ее связь с прежним рельефом земной поверхности. Образовавшись сравнительно недавно, эти россыпи еще не успели подвергнуться диагенетическим процессам, почему представляют собою рыхлые образования, легко доступные для разработки.

Но условия, благоприятные для образования россыпей, имели место во все геологические периоды; всегда существовала суша, подвергавшаяся деструкции, и в пределах ее — отдельные участки с развитием металлоносных пород. Поэтому естественно, что известны металлоносные россыпи самого разнообразного возраста — от докембрийского до четвертичного. Однако эти древние россыпи пользуются сравнительно небольшим распространением. Причина этого лежит в том, что россыпи представляют типичные наземные образования, приуроченные к тому же к областям преобладающей деструкции.

Для того чтобы россыпь могла сохраниться в течение геологических периодов, необходимо, чтобы она вошла в состав какой-либо толщи осадочных образований, которая предохраняла бы ее от непосредственной деструкции. Обычно раньше, чем это случится, или в самом процессе перехода россыпи из области деструкции в область аккумуляции она подвергается уничтожению, т. е. заключенный в ней металл рассеивается в громадной массе обломочного материала, давая совершенно непромышленные концентрации. Безболезненный переход россыпи из области деструкции в область аккумуляции совершается лишь в особо благоприятных условиях, которые будут рассмотрены в следующем разделе.

Войдя в состав толщи осадочных образований, россыпь подвергается всем тем изменениям, что и последние. Вместе со всей толщей она может быть дислоцирована; при этом ее параллельность земной поверхности нарушается, вся она или отдельные ее части могут быть погружены на весьма значительную глубину. Связь с современным рельефом отсутствует совершенно, а с древним — может быть установлена лишь с трудом, после специальных детальных исследований, и то не всегда.

В процессе дислокации, а часто и независимо от него россыпь вместе со всей заключающей ее толщей подвергается диагенетическим процессам. При этом рыхлые песчано-галечные образования уплотняются, цементи-

руются и превращаются в более или менее крепкие конгломераты и песчаники. Иногда процессы диагенеза заходят еще дальше, приводя к полной перекристаллизации цемента конгломератов; вместе с тем, может подвергнуться перекристаллизации и заключенный в цементе металл. При этом он утрачивает свою характерную форму окатанных, оглаженных частиц и становится кристаллическим, неправильно угловатым и пр., т. е. по характеру уже приближается к рудному металлу.

Подобного рода древние россыпи обычно называют ископаемыми россыпями. От нормальных, более молодых россыпей они разнятся, таким образом, следующими признаками:

- 1) более древним возрастом;
- 2) дислоцированностью;
- 3) залеганием на большей глубине, в толще осадочных образований;
- 4) отсутствием связи с современным рельефом земной поверхности и неотчетливой связью с прежним рельефом;
- 5) сцементированностью, благодаря которой обычно представлены конгломератами, а не рыхлыми галечниками.

В типичных ископаемых россыпях все эти признаки выражены достаточно отчетливо. Однако во многих россыпях бывают выражены лишь отдельные признаки при отсутствии всех других. Такие россыпи могут относиться или не относиться к ископаемым, в зависимости от того, какой из признаков брать за руководящий.

Если руководствоваться возрастом, то самое правильное было бы относить к ископаемым все россыпи, древнее четвертичных. Однако во многих случаях третичные и даже меловые россыпи по всем остальным признакам настолько мало отличаются от четвертичных, что отнесение их к ископаемым не имело бы никакого реального значения. Россыпи юрского возраста и более древние обычно уже значительно больше приближаются к типичным ископаемым россыпям. Возможно, это объясняется тем, что в очень многих золотоносных районах (Забайкалье, Амур, Колыма, Калифорния и др.) очень интенсивно проявилась верхнемезозойская (верхняя юра — нижний мел) складчатость.

Дислоцированность россыпи является признаком довольно относительным, которым нельзя руководствоваться при отнесении россыпи к ископаемым, если не выражены другие признаки. С одной стороны, россыпи очень древних геологических периодов, являющиеся по всем другим признакам ископаемыми, могут оставаться недислоцированными, если они расположены вне областей складчатости, на континентальных платформах. С другой стороны, и очень молодые россыпи, отнюдь не являющиеся ископаемыми, могут оказаться дислоцированными. При дифференциальных тектонических движениях россыпь может приобрести заметный уклон, даже в сторону, обратную своему первоначальному уклону. В некоторых случаях указываются и более сильные дислокации молодых россыпей.

Глубина залегания россыпи также не является очень веским признаком. Некоторые молодые россыпи могут вскоре после своего образования погрузиться на значительную глубину. Таковы, например, россыпи Ленского района, россыпи Восточной Австралии и др. Часто подобные, глубоко погребенные россыпи называют ископаемыми. В применении к ним мы этого термина будем избегать, называя их в зависимости от характера погребения или погребенными россыпями или россыпями погребенной речной сети.

Иногда типичные ископаемые россыпи могут залегать примерно параллельно земной поверхности на небольшой глубине от нее. Это может быть в том случае, когда они не дислоцированы и когда вся вышележащая толща уничтожена процессами деструкции.

Когда россыпь обнаруживает явную связь с элементами современного рельефа, вряд ли она может быть типичной ископаемой россыпью; в последних обычно связь с элементами рельефа, и то не современного, а прежнего, бывает весьма неясной, а в тех случаях, когда они достаточно сильно дислоцированы, и вообще не может быть установлена.

Степень сцементированности россыпи является весьма важным признаком для отнесения ее к категории ископаемых. Обычно россыпи юрского периода и более древние представлены конгломератами, в то время как среди меловых и третичных очень часто встречаются, хотя и несколько слежавшиеся, но все же достаточно рыхлые галечники. При сильной дислоцированности даже очень молодые россыпи могут быть представлены конгломератами. Иногда подвергаются цементации даже современные россыпи; это обычно бывает, когда в них циркулируют сильно железистые растворы, из которых выделяется лимонит, цементирующий галечники и превращающий их в железистый конгломерат. Так, например, в 1929 г. в Колымском районе на прииске Борискином в долине р. Средняканы разрабатывался участок современной долинной россыпи, лежавший на плотике из сильно пиритизированных глинистых сланцев. Нижняя часть металлоносного пласта была сцементирована в железистый конгломерат, вследствие чего много золота при промывке попадало в отвал. Подобная цементация современных россыпей охватывает обычно незначительные их участки.

Степень сцементированности россыпи играет громадную роль и при ее разработке. Обычные, нецементированные металлоносные пески очень легко добываются помощью кайловых работ или какими-либо механизированными способами, и простой промывки их водой бывает достаточно для почти полного отделения металла от пустой породы. Слабо сцементированные россыпи могут в общем разрабатываться теми же способами, но разработка их становится уже более трудной. Помимо уменьшения производительности и увеличения износа инструмента может возникнуть необходимость в дополнительных работах. Так, например, наиболее слежавшиеся куски галечника перед промывкой становятся необходимым разбивать, чтобы освободить заключенный в них металл.

Для разработки сцементированных россыпей и обработки металлоносной породы приходится применять уже совершенно иные методы. Разработка ведется обычно при помощи взрывных работ, и всю добываемую металлоносную породу приходится дробить для извлечения из нее металла. Таким образом, степень сцементированности россыпи имеет не только теоретическое, но и громадное практическое значение, обуславливая тот или иной способ ее разработки. Поэтому в ряду других диагностических признаков при отнесении россыпи в категорию ископаемых мы, наряду с возрастом, будем отдавать предпочтение признаку сцементированности россыпи.

Таким образом, четвертичные россыпи, хотя бы они и были сцементированы в отдельных своих участках, мы не будем причислять к категории ископаемых, на какой бы глубине они ни залегали. Более древние россыпи, если они сцементированы, будем безусловно относить к ископаемым; если они не сцементированы, то наиболее молодые из них, третичные и меловые, сохраняющие связь с элементами прежнего рельефа, причислять к категории ископаемых не следует.

2. Процессы уничтожения россыпей

Не при всяких условиях россыпь какого бы то ни было генезиса может перейти в ископаемое состояние. Во многих случаях россыпь еще до этого подвергается уничтожению. Процесс уничтожения россыпи можно мыслить

различно. Прежде всего, это может быть уничтожение металла россыпи путем его растворения. Однако ввиду чрезвычайно малой растворимости благородных металлов вряд ли этот процесс когда-либо может сам по себе привести к полному уничтожению россыпи. Эффект его может быть гораздо более заметным при тонком истирании металла, а также вдоль берегов морских водоемов, где в реакции могут принимать участие громадные массы воды, содержащей к тому же в растворе много хлористых солей.

Гораздо большее значение может иметь тонкое истирание металла в процессе перебива россыпи. С каждым новым перебивом образуются новые порции косового металла за счет истирания пластового. Если россыпь уже более не пополняется новым металлом из коренного месторождения, то количество пластового металла в ней неизменно уменьшается и в пределе весь он стремится перейти в косовой. Последний, вследствие своей большой подвижности, концентрируется далеко не всегда; в неблагоприятных условиях концентрации он, наоборот, подвергается рассеянию. К тому же косовой металл не является пределом измельчения: он в свою очередь подвергается истиранию, давая совершенно пылеобразные частицы, способные к концентрации лишь в исключительно благоприятных условиях.

Так как истирание частиц металла происходит между гальками, то на поверхности последних от каждого соприкосновения с металлом остается след в виде чрезвычайно тонкого налета металла (черта). При дальнейшем истирании самой поверхности галек этот налет дает настолько тонкие частицы металла, что они уже не способны ни к какой концентрации, а только к рассеянию. При каждом перебиве россыпи этим путем гибнет заметное количество металла. Особенно эффективен этот процесс может быть на морском побережье, где в полосе прибоя металлоносный обломочный материал находится почти в непрерывном движении.

Тонкое истирание частиц металла, во много раз увеличивая поверхность их соприкосновения с водной средой, облегчает их растворение, еще более способствующее рассеянию металла. В тонко рассеянном состоянии металл может отлагаться в морских и озерных водоемах в составе не только галечных, но также песчаных и глинистых, а в некоторых случаях и органогенных пород. Это ничтожное содержание синтетического металла в осадочных породах в некоторых случаях может быть установлено путем непосредственного наблюдения отдельных мельчайших его частиц, в большинстве же случаев лишь наиболее чувствительными химическими методами.

Вряд ли это ничтожное содержание металла в осадочных породах может когда-либо представлять непосредственный промышленный интерес. Но в случае, если этот металл подвергнется перераспределению, могут возникнуть более заметные его концентрации. Частицы косового металла могут освобождаться из осадочных пород при их разрушении и подвергаться механической концентрации в условиях медленного течения спокойных водных потоков (в условиях быстрого течения происходит, наоборот, их рассеяние).

Более тонкий металл может перемещаться в толще самих осадочных пород химически активными водами с обеднением металлом одних участков и обогащением других. При образовании в осадочных породах пирита он может сконцентрировать в себе некоторое количество золота и оказаться слабозолотоносным. Промышленных месторождений, возникших таким путем, неизвестно.

Осадочные породы, обладающие подобным совершенно ничтожным содержанием тонко распыленного металла, иногда рассматриваются как ископаемые россыпи. Это не вполне правильно, так как они никогда не обладают промышленным содержанием металла. В некотором отношении

они являются даже противоположностью россыпей: последние образуются путем концентрации металла, в то время как первые — путем его рассеяния. Теоретически мыслим случай, когда из этих убогих концентраций металла химическим путем могут возникнуть более значительные и богатые его скопления. Но и подобные месторождения в случае их обнаружения, конечно, нельзя считать россыпями.

Случаи обнаружения убогого содержания золота и платины в осадочных породах весьма многочисленны. Так, в Англии в триасовых континентальных песчаниках присутствуют отдельные зернышки платины. В Западной Германии в осадочных породах нижнего и среднего девона (глинистых сланцах, песчаниках, конгломератах и пр.) присутствуют золото и платина в виде мельчайших частиц. Максимальный наблюдающийся диаметр зернышек составляет для золота 0,015 мм и для платины 0,005 мм. В Европейской части Союза местами является слабозолотоносный пирит, заключающийся в юрских глинах, что иногда давало повод к постановке россышной разведки в ближайших речных долинах. Подобные разведки, конечно, были совершенно безрезультатными.

В западном Предуралье в пермских песчаниках и конгломератах тонко истертая платина пользуется очень большим развитием. Концентрации платины, возникающие при перемыве этих пород в современных руслах рек, местами являются слабопромышленными. Ничтожное содержание золота известно в третичных конгломератах вдоль восточного склона Урала (б. Богословский горный округ). Такое же содержание золота было обнаружено и в красноцветных силурийских конгломератах вдоль восточной окраины Енисейского района.

В некоторых случаях россыпь может подвергаться уничтожению и без очень тонкого истирания заключенного в ней металла. Это бывает, когда пластовой металл выносятся реками в интенсивно размываемый участок морского берега или, наоборот, когда море, наступая на сушу и производя ее абразию, размывает россыпи, содержащие пластовой металл. Если при этом условия для концентрации металла неблагоприятны, то россыпь как таковая перестает существовать, и отдельные зерна пластового металла оказываются редко рассеянными в образующихся в прибрежной полосе галечниках, которые в дальнейшем превращаются в конгломераты.

Таким образом, те самые процессы, благодаря которым из коренных месторождений образуются промышленные россыпи, ведут и к уничтожению этих последних. Эти процессы направлены к перемещению металла из области преобладающей деструкции в область аккумуляции. На первых порах они ведут к концентрации металла в форме промышленных россыпей. Но каждая россыпь, расположенная в области преобладающей деструкции, неизбежно подвергается периодическим перемывам. При этом металл, с одной стороны, несколько передвигается в предназначенном направлении, с другой стороны — неизменно подвергается истиранию.

Оба процесса могут идти только в одном направлении. Чем дальше заходит второй из них, тем большая часть металла оказывается в рассеянном состоянии. Если общий путь металла к области аккумуляции достаточно велик, то по достижении ее весь металл или большая его часть может подвергнуться тонкому рассеянию в массе обломочного материала и обусловить убогую металлоносность осадочных пород.

Если путь металла не очень велик, то по достижении области аккумуляции значительная часть его может оказаться способной к концентрации. Этот металл с переходом в область аккумуляции или образует концентрированную россыпь, которая в дальнейшем переходит в ископаемое состояние, или также подвергается рассеянию, но в виде более или менее

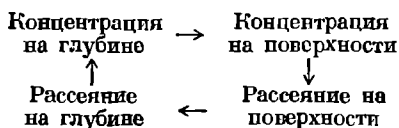
крупных зерен. Через некоторое время ископаемая россыпь или осадочная порода с рассеянным содержанием металла может быть вновь поднята на земную поверхность и подвергнуться выветриванию с освобождением заключенного в ней металла. Последний вновь испытывает перемещение из области деструкции в область аккумуляции, сопровождаемое его рассеянием. При этом заканчивается процесс, не успевший завершиться во время предыдущего пребывания металла на земной поверхности. Это пребывание в конечном итоге ведет к полному рассеянию металла в массе осадочных пород. В зависимости от условий этот процесс или достигает предела или прерывается достижением металлом области аккумуляции с возникновением таких промежуточных образований, как ископаемые россыпи.

По прошествии геологических периодов ископаемые россыпи или осадочные породы с рассеянным металлом могут опуститься на большую глубину и подвергнуться переплавлению с образованием гранитной магмы. При этом металл, пройдя полный цикл своего развития, вновь вернется в исходное состояние. При последующей раскристаллизации магмы он сконцентрируется в выделяющихся из нее рудных растворах, которыми и будет отложен в коренных месторождениях. Возникновение последних, вероятно, возможно и без переплавления осадочных пород, путем перераспределения в них металла циркулирующими на глубине горячими водами.

Таким образом, весь круговорот металла в земной коре может быть представлен следующей схемой:



Еще короче та же схема может быть представлена так:



3. Условия сохранения россыпей в ископаемом состоянии

Из сказанного ясно, что возможность сохранения россыпей в ископаемом состоянии зависит в основном от двух причин: от дальности расстояния, которое металл должен преодолеть для достижения области постоянной аккумуляции, и от характера перехода им границы этой области, так как часто именно этот переход сопровождается уничтожением россыпи как таковой и рассеянием металла. Продвижение металла к области аккумуляции может быть активным, когда сам металл смещается вниз по течению водных потоков, и пассивным, когда металл остается на месте, но благодаря наступлению моря на сушу границы области аккумуляции к нему приближаются.

В первом случае металл подвергается значительному истиранию, и вероятность его почти полного рассеяния при большой величине пройденного им пути достаточно велика. Но если металл при небольшой длине

пути достигает области аккумуляции в форме, способной к концентрации, то переход им через границу этой области совершается весьма плавно и не сопровождается его рассеянием: происходит накопление металла в дельтовой россыпи. Во втором случае путь, пройденный металлом, сильно уменьшается, и он попадает в область аккумуляции в форме довольно крупных частиц, вполне способных к концентрации. Но самый этот переход совершается скачкообразно, путем размыва россыпи морем, и металл даже в крупных частицах может подвергнуться рассеянию.

По своему отношению к переходу в ископаемое состояние россыпи могут быть разбиты на три группы:

1. Россыпи областей преобладающей деструкции — элювиально-делювиальные, ледниковые, аллювиальные.

2. Россыпи участков аккумуляции в пределах областей деструкции — озерные всех видов и россыпи погребенной гидросети.

3. Россыпи, приуроченные к границе областей деструкции и аккумуляции, — морские береговые и дельтовые.

Россыпи второй и третьей групп переходят в ископаемое состояние более легко, россыпи первой группы — труднее, обычно преобразуясь предварительно в россыпи второй или третьей группы.

Ископаемые элювиально-делювиальные россыпи неизвестны, хотя их переход в это состояние не представляется невозможным. При наступлении моря на горную страну с развитием элювиально-делювиальных россыпей море производит абразию, и россыпи либо подвергаются рассеянию либо преобразуются в морские прибрежные россыпи. Если море наступает на пенеппен, то абразия часто не имеет места, но и в этом случае более вероятно преобразование россыпей в морские. Наиболее благоприятные условия для перехода элювиально-делювиальных россыпей в ископаемое состояние могут создаться, если в области пенеппена возникают участки тектонического погружения, превращающиеся или непосредственно в аллювиальные равнины или в озера, которые по заполнению также дают равнины. В этом случае элювиально-делювиальные россыпи вместе с рельефом погружающегося участка подвергаются погребению и в дальнейшем могут быть перекрыты морем без всякого преобразования.

Если аллювиальная равнина в течение длительного срока не подвергается поднятию, то погребенные под ней элювиально-делювиальные россыпи могут перейти в ископаемое состояние и без перекрытия равнины морем. При длительном погружении равнинного участка россыпи могут быть перекрыты мощной толщей пресноводных и лагунных отложений.

Ископаемая кора выветривания в виде месторождений бокситов известна во многих местах. Ее сохранение достаточно убедительно говорит за то, что могут сохраняться в ископаемом состоянии и элювиально-делювиальные металлоносные россыпи. И, может быть, местами они находятся в связи с месторождениями бокситов или даже в них самих, аналогично золотоносным латеритам Западной Австралии и Южной Америки (см. гл. V, 7).

Ледниковые россыпи редко могут сохраняться в ископаемом состоянии, так как по окончании оледенения, или тотчас или через некоторое время, они подвергаются перемыву реками с преобразованием их в аллювиальные россыпи. Ледниковые отложения равнинных стран имеют больше шансов на сохранение. В ископаемом состоянии известны ледниковые отложения каменноугольного, пермского и других периодов, поэтому нахождение ископаемых ледниковых россыпей также не является невероятным. Вопрос этот не имеет большого значения, так как сами ледниковые россыпи обычно не представляют промышленного интереса.

Аллювиальные россыпи могут переходить в ископаемое состояние, или подвергаясь предварительно погребению аллювиальными отложе-

ниями — речными и озерными, или непосредственно перекрываясь морем. Как и для элювиально-делювиальных россыпей, первый случай является значительно более благоприятным. Наилучшие условия создаются, когда в пределах золотоносного района образуется обширный участок длительного погружения. При этом россыпи погребаются сначала речными, потом мощными озерными отложениями; при дальнейшем погружении озеро может превратиться в лагуну или морской залив. Эти же условия являются наилучшими и для перехода в ископаемое состояние озерно-дельтовых россыпей.

Таким образом, ископаемые аллювиальные россыпи, речные и озерные, скорее всего могут сохраниться в основании мощных толщ пресноводных и лагунных отложений, образовавшихся в отдельных, хотя и достаточно обширных участках погружения и залегающих несогласно на более древних отложениях. При региональном погружении всей горной страны развивается морская трансгрессия, которая может путем абразии уничтожить аллювиальные россыпи вместе с перекрывающими их озерными отложениями или преобразовать их в морские. Низовья крупных рек даже при развитии абразии могут быть просто затоплены морем и перекрыты морскими отложениями, чем уже создаются благоприятные предпосылки для сохранения в ископаемом состоянии заключенных в них россыпей. Однако пластовой металл редко достигает низовьев крупных рек, почему это может иметь значение лишь для косовых россыпей.

При быстром поднятии уровня моря могут быть затоплены и долины менее значительных рек, содержащие россыпи пластового металла. Но подобные поднятия чаще всего бывают временными и сменяются отступанием моря, а не ведут к обширным его трансгрессиям, почему не имеют большого значения для сохранения аллювиальных россыпей в ископаемом состоянии. Вообще же непосредственная смена речного режима морским неблагоприятна для перехода аллювиальных россыпей в ископаемое состояние.

Морские россыпи, береговые и дельтовые, из всех типов россыпей легче всего сохраняются в ископаемом состоянии. Так как они приурочены к самой границе области постоянной аккумуляции, то достаточно небольшого наступания моря, чтобы они погрузились под его уровень и были перекрыты морскими отложениями без какого бы то ни было размыва. Большинство известных ископаемых россыпей являются морскими.

4. Примеры ископаемых россыпей

Наиболее известными из числа ископаемых россыпей являются золотоносные конгломераты Витватерсранда в Южной Африке, представляющие самое крупное в мире месторождение золота. Формация Витватерсранд лежит на гнейсах с интрузиями гранита и относится к кембрийскому или докембрийскому возрасту. Литологически она представлена в нижних частях преимущественно сланцами и кварцитами, сверху — конгломератами и кварцитами с подчиненным количеством сланцев. Общая мощность формации 7500 м. Она образует громадную мульду, протягивающуюся с запада на восток на 190 км и с севера на юг на 72 км.

Золотоносные конгломераты сосредоточены в верхней части формации и приурочены к семи различным горизонтам, которые носят название рифов. Каждый риф состоит в свою очередь из нескольких пластов мощностью от 0,6 до 12 м. Золото распределено в виде отдельных струй, расположенных на разных горизонтах каждого рифа более или менее параллельно друг другу, иногда веерообразно. Размеры струй различные, например 1500 м длины и 300 м ширины или 600 м длины и 15—150 м

ширины. Вне этих струй содержание золота в конгломератах менее значительное или даже невыгодное для извлечения. Кварциты, разделяющие пласты конгломератов, золота не содержат.

В пластах конгломератов максимальное содержание золота обычно наблюдается вблизи лежачего бока, реже в средней или верхней части пласта. Наблюдается определенная зависимость между крупностью гальки в конгломерате и содержанием в нем золота: при поперечнике гальки от 4 до 6 см содержание 60 г/т, от 2 до 4 см — 30 г/т и от 1 до 2 см — 15 г/т. Золото содержится только в цементе конгломерата, галька золота не содержит. Все золото чрезвычайно мелкое, от 45 до 66 % золотинок имеют размеры 0,01—0,07 мм; золотинок неокатанные, а угловатые, кристаллические, что объясняют перекристаллизацией золота после образования россыпи. Частицы металлов платиновой группы, встречающиеся в конгломератах наряду с золотом, но в гораздо меньшем количестве, напротив, являются хорошо окатанными.

Галька конгломератов представлена преимущественно стекловатым кварцем, в меньшем количестве кварцитом и кремнистым сланцем. Цемент проникнут вторичным кремнеземом и содержит значительное количество пирита; кроме того, в цементе присутствуют хлоритойд, серицит, кальцит и графит. Золото часто связано с пиритом, будучи вкраплено в него или образуя поверхностный налет, но какого-либо закономерного соотношения между содержанием в конгломерате пирита и золота не существует. В небольшом количестве в цементе присутствуют окатанные зерна циркона и хромита.

Присутствие в конгломератах большого количества пирита, вообще не характерного для россыпей, и в то же время отсутствие таких характерных минералов россыпного шлиха, как магнетит и ильменит, наряду с окварцеванием цемента и перекристаллизацией золота, объясняют метаморфизмом конгломератов при погружении их на большую глубину. Метаморфизм сопровождался воздействием сернистых вод, обусловивших переход магнетита и ильменита в пирит. Помимо метаморфизма, последующие изменения россыпи выражаются в сильной дислоцированности конгломератов; их падение, на выходах довольно крутое, на глубину становится более пологим — до 30°. Главная синклиналь усложнена на юге складками и сбросами и пересечена дайками диабазы.

В настоящее время конгломераты Витватерсранда рассматриваются как древняя метаморфизованная дельтовая россыпь, образовавшаяся за счет размыва золотоносных кварцевых жил подстилающей гнейсовой толщи. Конгломераты дают ежегодно свыше 300 т золота.

Аналогичные конгломераты известны и в Западной Африке, где они также разрабатываются. Золотоносные конгломераты пермо-карбонového возраста известны в Новом Южном Уэльсе (Восточная Австралия): содержание золота в них было от 2 до 30 г/т. В Южной Дакоте (США) в горах Блек-Хилс известны ископаемые россыпи кембрийского возраста. Породы кембрия залегают здесь почти горизонтально на сильно дислоцированных кристаллических сланцах алъгонского возраста. В основании кембрия лежит базальный конгломерат мощностью от 1,5 до 10 м, перекрываемый песчаниками и кварцитами. Нижняя часть конгломерата мощностью 1,5—1,8 м является промышленно золотоносной и разрабатывается. Местами содержание золота доходило до 80 г/т. Золото встречается в толще кембрия и выше конгломератов, но в очень незначительных количествах.

Золотоносные и платиноносные ископаемые россыпи различного возраста известны, кроме того, еще в некоторых местах Америки и Европы.

Часть третья

СТРОЕНИЕ
РОССЫПЕЙ

•

Глава XX

СТРОЕНИЕ И ЛИТОЛОГИЯ ДОЛИННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

1. Общая характеристика долинных отложений

Из рассмотрения процессов образования россыпей и различных их типов явствует, что при разведке и разработке россыпей приходится сталкиваться с самыми разнообразными категориями обломочного материала. Эти категории могут различаться друг от друга как своим литологическим составом, так и способом своего образования. По последнему признаку долинные отложения могут быть разбиты на следующие группы.

1. **Коренные породы**, хотя и не являются собственно долинными отложениями, но оказывают влияние на строение долинных отложений и характер россыпей.

2. **Элювиальные образования** залегают непосредственно на поверхности коренных пород, переходя в них или довольно резко или, обычно, постепенно. Часто граница коренных пород и элювия может быть проведена лишь условно. Подстилают всю толщу аллювиальных долинных отложений. В литологическом отношении чаще всего представляют собою щебень с той или иной, обычно подчиненной примесью глинистого, илистого или песчаного материала. Некоторые породы образуют более крупный щебень (угловатые глыбы), носящий в приисковой практике различные названия («облом», «ребровик», «плитняк» и пр.). Иногда встречаются элювиальные валуны.

С другой стороны, элювий может быть более мелким и представлен дресвою или песком (граниты), глиной (глинистые сланцы, карстовые известняки) и пр. Мощность элювиального слоя в различных случаях колеблется от нуля до нескольких метров, чаще всего порядка нескольких дециметров.

3. **Коллювиальные образования** залегают поверх долинного аллювия, но при повторном накоплении последнего могут залегать и внутри его толщи. В литологическом отношении представляют собою щебень или угловатые глыбы с самым разнообразным содержанием более мелкого материала: иногда последний отсутствует, иногда, наоборот, резко преобладает. При глыбовом составе коллювия он часто состоит из двух слоев: нижнего — с преобладанием мелкого материала, и верхнего — сложенного глыбами. При крутых склонах долины в составе коллювия могут принимать участие даже очень крупные валуны.

Если на склонах долины расположены речные террасы, через поверхность или со склонов которых сползает делювий, то в составе коллювиальных отложений может принимать участие и хорошо окатанный аллювиальный материал, попавший с этих террас. Мощность коллювия может быть очень различной в зависимости от его состава, длительности накопления, характера склонов и ширины долины. В средней части долины

коллювий обычно отсутствует или обладает минимальной мощностью. В бортовых частях, у подножия склонов, мощность его может достигать 20—30 м.

4. Пролuviaльные образования, как и коллювий, перекрывают долинный аллювий, а при повторном накоплении последнего залегают внутри него. Среди пролювия можно различать смывы со склонов и выносы боковых распадков. Первые представляют непосредственное продолжение коллювия в среднюю часть долины и отличаются от него значительно более равномерным песчано-илистым составом и меньшей мощностью. Вторые располагаются обособленно, в виде конусов при устьях распадков. Часто перекрывают значительную ширину долины и достигают большой мощности, превышающей иногда 10 м. В литологическом отношении, как и коллювий, не являются однородными, представляя песчано-илисто-щебневой нанос, иногда с присутствием полуокатанного, приближающегося к аллювию материала, а при крутом уклоне распадков — даже довольно крупных валунов.

5. Эоловые отложения могут быть представлены эоловыми песками или лёссом и лёссовидными суглинками. Более характерны для сухого климата, залегая поверх всех других образований. При увлажнении климата могут быть перекрыты аллювием или пролювием. Для большинства наших золотоносных районов не характерны.

6. Ледниковые отложения уже были рассмотрены в гл. XV. Отличительными их чертами являются отсутствие слоистости и несортированность материала. Поверхностные морены (боковые и срединные) сложены преимущественно угловатым щебнем с некоторой примесью песчано-илистого материала и валунов. Литологически не отличаются от сильно каменистого коллювия. Донная и конечные морены обладают более разнообразным литологическим составом, часто являясь сильно глинистыми или заключая значительную примесь хорошо окатанной гальки за счет выпаханного аллювия. -

7. Флювиогляциальные отложения располагаются поверх долинного аллювия ниже пояса конечных морен, иногда переслаиваются с материалом донной морены. От ледниковых отложений резко разнятся окатанностью материала, его сортировкой и присутствием неправильной, перекрещивающейся слоистости. Литологически представлены: непосредственно ниже пояса конечных морен — грубым галечником (булыжник), ниже по течению — нормальным галечником, гравием, песком и, наконец, — илисто-глинистыми отложениями.

8. Аллювиальные отложения являются основной группой долинных отложений. Отличаются хорошей окатанностью материала, его сортировкой по крупности и удельному весу и отчетливой, хотя и невыдержанной слоистостью. Литологически наиболее характерны галечники и ила; в металлоносных долинах песок играет меньшую роль, но в долинах крупных рек, особенно равнинных, он является преобладающим. Менее распространенными являются глины, а также грубые галечники и валуны. В основании аллювия, на границе его с элювием плотика, может залегать слой, промежуточный между аллювием и элювием — угловатый элювиальный щебень, перемытый рекою и несколько смещенный вниз по течению.

9. Озерные отложения литологически весьма разнообразны. Особенно характерны хорошо слоистые илистые и песчаные отложения. Довольно часты глины. Галечники присутствуют не всегда, более характерны для верхних горизонтов; галька не очень крупная. Булыжники и валуны не характерны, но принесенные льдами могут присутствовать в любых слоях. Иногда в озерных отложениях встречаются прослойки лигнита или залежи торфа.

10. Растительный слой является самым верхним горизонтом долинных отложений. В некоторых долинах встречается погребенный растительный слой, залегающий на глубине нескольких метров от поверхности. К растительному слою могут быть отнесены: современный растительный покров — моховой, травянистый и древесные корни; отмерший растительный покров, как поверхностный, так и погребенный, включая сюда и залежи торфа; плавник (наносник), представленный преимущественно древесными стволами с полусохранившейся корневой системой, и, наконец, почвенный слой, обычно именуемый на приисках «растительной землей».

Таковы главнейшие категории долинных отложений, на которые они могут быть разбиты по генетическому признаку. В литологическом отношении различные категории часто могут быть представлены одинаковыми породами. Процессы их образования были уже нами разобраны в предыдущих главах. Сейчас перейдем к более подробной их литологической характеристике.

2. Классификация обломочного материала

Обломочный материал минерального происхождения, состоящий осадочные породы вообще и долинные отложения в частности, классифицируется прежде всего по крупности его частиц. Для материала средней крупности, кроме того, принимается во внимание его окатанность или угловатость; для наиболее крупного и наиболее мелкого материала этот признак во внимание не принимается. Для более дробного подразделения учитывается минералогический состав, но опять-таки лишь в материале средней крупности. Наиболее крупный материал представляет обломки разнообразных пород, и классификация его по минералогическому составу невозможна; литологический характер преобладающих пород также не служит для классификации, но иногда приводится в описательном порядке.

В материале средней крупности, состоящем уже из зерен отдельных минералов, происходит разделение последних в процессе переноса по удельному весу и степени устойчивости (а вместе с тем и крупности зерна). Поэтому могут возникать кварцевые галечники и конгломераты, кварцевый песок, кварцево-полевошпатовый песок и т. д. В самом мелком материале разделение по минералогическому составу опять-таки не проводится: с одной стороны, в нем затруднительно определение входящих в его состав минералов; с другой стороны, нет достаточно заметной разницы в минералогическом составе, так как этот материал представляет или продукт тонкого истирания самых разнообразных пород или продукт их химического выветривания, где первичный минералогический состав уже сказывается очень слабо. Лишь некоторые сорта глин выделяются по минералогическому составу (например каолиновые).

Единой, общепринятой классификации обломочного материала не существует; разногласия наблюдаются как в количестве выделяемых видов его, так и в их названиях и в проводимых между ними границах. Общепринятым является разделение материала по крупности на 4 группы: наиболее крупный — псефитовый, крупнее 2—2,5 мм; средней крупности — псаммитовый, от 0,1 до 2—2,5 мм; мелкий — алевроитовый, от 0,01 до 0,1 мм, и наиболее тонкий — пелитовый, мельче 0,01 мм.

Наиболее крупный псефитовый материал представляют валуны; верхнего предела для их размеров не существует, иногда они имеют несколько метров в поперечнике. Нижний предел принимается различными авторами в 10, 20 и 25 см. Для россыпного дела наиболее удобной цифрой из трех является 20 см. Название «валуны» применяется преимущественно к ока-

танному материалу, но угловатые обломки аналогичного размера не имеют специального названия и также именуются валунами. Иногда их называют просто глыбами, на приисках также «обломом», для сланцеватых пород — «плитняком», а при залегании в плотике россыпи — «ребровиком».

Более мелкий окатанный псефитовый материал называется галькой, среди которой различают: булыжник — от 5 до 20 см в поперечнике, собственно галька — от 1 до 5 см и гравий — от 2 до 10 мм; на приисках для гравия употребляют также название «эфель». Угловатый материал соответственных размеров называется: щебнем для размеров от 1 до 20 см и дресвой (хряпом) для размеров от 2 до 10 мм; щебень можно подразделять на крупный (10—20 см), средний (5—10 см) и мелкий (1—5 см).

Псаммитовый материал представляет песок, который может быть разделен на грубозернистый — 1—2 мм, крупнозернистый — 0,5—1 мм, среднезернистый — 0,25—0,5 мм и мелкозернистый — 0,1—0,25 мм. В последнее время от окатанного песка отличают угловатозернистый, но специального термина для него нет. Алевроитовый материал выделен в самостоятельную группу недавно, ранее он относился частью к псаммитовому, частью к пелитовому материалу. Сюда входит лёсс, многие лёссовидные суглинки, а также весьма распространенные в золотоносных районах «ила». Твердо установившегося названия для него в русском языке нет: одни авторы именуют его алевроитом, другие — английским термином «силт». Поэтому для «илов» золотоносных районов лучше пока оставить этот прочно укоренившийся на приисках термин, хотя он и не соответствует петрографическому понятию «ил».

К пелитовому материалу относятся всевозможные глины, представляющие наиболее тонко измельченный обломочный материал. Многие глины, представляя продукты химического выветривания, весьма богаты коллоидами. Тонкое измельчение и содержание коллоидов обуславливают пластичность глин. Это основной признак, который на приисках кладется в основу различения илов и глин.

Таким образом, всю классификацию обломочного материала можно представить в следующем виде:

Крупность	Окатанный	Угловатый
Более 20 см	Валуны	Валуны (глыбы)
10—20 »	Булыжник	Крупный щебень
5—10 »		Средний щебень
1—5 »		Мелкий щебень
2—10 мм		Дресва
1—2 »		
0,5—1 »	Грубозернистый песок	
0,25—0,5 »	Крупнозернистый песок	
0,1—0,25 »	Среднезернистый песок	
0,01—0,1 »	Мелкозернистый песок	
	Алеврит, силт (ила)	
Менее 0,01 мм	Глины	

Границы между отдельными видами обломочного материала, конечно, не являются абсолютными и могут несколько варьировать около приведенных средних величин.

3. Валуны

Валуны, встречающиеся в долинных отложениях, могут быть весьма разнообразны по своему генезису. Среди них можно различать валуны:

- 1) элювиальные,
 - 2) коллювиальные,
 - 3) пролювиальные,
 - 4) ледниковые,
 - 5) аллювиальные: а) перенесенные водой, б) перенесенные льдом,
- в) перенесенные в корнях деревьев.

Элювиальные валуны образуются или в результате выветривания плотика под толщей аллювия или в процессе углубления русла реки. Валуны первого рода обычно невелики по размерам, совершенно угловаты и залегают *in situ*, почти вплотную друг к другу или лишь несколько смещенными. Часто переходят в щебень того или иного размера. Название «валуны» к ним обычно не применяется; на приисках их именуют в зависимости от формы или «ребровиком» или «плитняком». По направлению книзу этот слой переходит постепенно в сильно трещиноватый плотик, так называемую на приисках «легко разборную скалу».

Валуны второго рода образуются в результате неравномерного выветривания коренного дна русла в период его углубления. Эти валуны изобилуют в руслах всех рек в зоне углубления долин. В твердых породах они значительно более обильны и характерны, чем в мягких, но образуются и в последних. Размеры их довольно велики, иногда даже очень велики (например, в гравитах до 1,5—2 м в поперечнике); по мере выветривания и измельчения этих валунов они переносятся течением и превращаются в элювиальные. С окончанием углубления русла многие валуны, размельчаясь, или распадаются на более мелкий материал здесь же на месте или уносятся течением. Наиболее устойчивые валуны сохраняются и по накоплению аллювия входят в его состав.

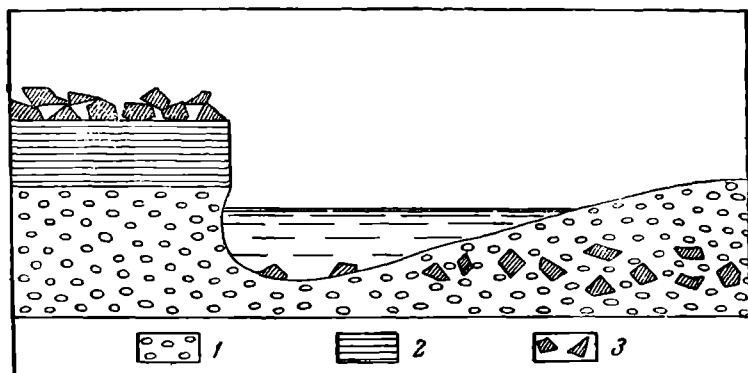
Эти валуны как бы являются промежуточными между типичными элювиальными и аллювиальными. С одной стороны, они залегают на месте своего образования, часто оставаясь совершенно несмещенными; в этом случае положение в них плоскостей слоистости, трещин отдельности, кварцевых прожилков и пр. сохраняется то же, что и в подстилающих коренных породах плотика. Иногда валун может быть несколько повернут из своего первоначального положения, и тогда его элювиальный характер может быть установлен лишь на основании литологического сходства с породами плотика. Если последние достаточно разнообразны и часто сменяются по течению реки, то это установление не представляет трудности. Если породы плотика однородны на значительном протяжении, то часто элювиальный характер валуна не может быть установлен.

С другой стороны, эти валуны, даже залегая на месте, подвергаются непрерывной обработке водой и переносимым ею материалом. В результате их поверхность сглаживается, отшлифовывается, и валун принимает вполне «окатанный» характер за исключением разве его нижней поверхности, на которой он лежит. Но достаточно валуну хоть раз перевернуться, чтобы подверглась обработке и эта поверхность, и тогда валун становится неотличим от типичного аллювиального. Иногда на поверхности валуна или в промежутке между несколькими валунами может задерживаться галька и, вращаясь, высверливать в них карнаобразные углубления. Это возможно при том условии, если валуны в течение долгого срока лежат в одном положении, т. е. не могут быть повернуты силою течения.

Коллювиальные валуны поступают в речную долину или в составе коллювиальных масс или поодиночке, скатываясь вниз по крутому склону. Поступая в долину, эти валуны представляют собою совершенно угловатые глыбы обычно более твердых пород. Размеры их разнообразны, но обычно не очень велики — не выше 1 м в поперечнике; более крупные коллювиальные валуны редки. Форма обусловлена характером

выветривания и расположением трещин отдельности в коренной породе.

Валуны, поступающие в долину в фазу ее углубления или расширения, обычно подвергаются обработке рекою. При этом они могут быть снесены вниз по течению и окатаны, превратившись в аллювиальные валуны, или же могут остаться на месте, подвергшись лишь небольшой обработке и в дальнейшем подвергаясь погребению аллювием. Валунистый коллювий, поступающий во вполне сформировавшуюся долину, накапливается в ней поверх аллювия, образуя самостоятельный слой. Обычно это глыбовые россыпи, распространяющиеся от бортов долины к ее середине или сплошным покровом или отдельными более или менее длинными языками. При боковых перемещениях русла эти скопления валунов могут оказаться



Фиг. 141. Перемыв валунистого коллювия при боковом смещении русла.

1 — галечник; 2 — ила; 3 — коллювиальные валуны.

перемытыми, а так как транспортирующая сила реки в этот период невелика, то они могут совершенно не испытать смещения вниз по течению и сохранить свою угловатость. В этом случае в толще хорошо окатанных аллювиальных галечников может возникнуть слой, содержащий угловатые коллювиальные валуны (фиг. 141).

Валуны, скатывающиеся с крутых склонов в долину, могут попадать в самые различные ее места и либо останутся лежать на ее дне либо будут включены в толщу аллювиальных отложений. Коллювиальные валуны по своему литологическому составу всегда идентичны с породами, слагающими склоны долины.

Пролувиальные валуны могут попадать в речную долину, только будучи вынесены из крутых боковых распадков бурными дождевыми потоками. По характеру эти валуны близки к коллювиальным, но уже несут следы некоторой обработки водою. По достижении дна долины они располагаются в ней поверх аллювия в составе конуса выноса при устье распадка. Как и коллювиальные валуны, они могут сохраняться так неопределенно долгое время или же быть перемыты и включены в толщу аллювия при боковых перемещениях русла.

Валуны более крупных распадков, где уклон меньше и валуны подвергаются более длительной обработке водою, следует уже рассматривать как аллювиальные, хотя они по достижении главной долины подобно пролувиальным валунам накапливаются в конусе выноса.

Ледниковые валуны по своему характеру бывают чрезвычайно разнообразны. Валуны, перемещаемые на поверхности ледника, не подвергаются какой-либо обработке и сохраняют свою угловатость. Размеры их самые разнообразные; иногда это просто куски скал, обрушив-

шихся на поверхность ледника, имеющие по несколько метров в поперечнике. Валуну донной морены обычно не очень крупны; их поперечник чаще всего измеряется дециметрами, реже одним-двумя метрами. Они несут следы явственной обработки ледником: углы округлены, поверхность иногда отшлифована, содержит шрамы, борозды и царапины. В конечной морене могут концентрироваться валуны и того и другого характера.

В собственно ледниковых отложениях валуны не образуют сплошных скоплений, но бывают иногда в очень значительном количестве включены в массу более мелкого материала: илисто-щебневого, песчаного, глинистого и пр. При перемыве валунистых моренных отложений дождевыми и снеговыми водами весь мелкий материал из них либо вымывается, либо просиивается между валунами, и образуются сплошные скопления валунов, достигающие иногда мощности в несколько метров.

При перемыве валунистых моренных отложений реками более мелкие валуны уносятся течением, превращаясь в аллювиальные; более крупные лишь испытывают осадку в вертикальном направлении, иногда до поверхности коренных пород. В Колымском районе Сергеевский порог на р. Бохаче представляет вал конечной морены, размывтый рекою. На берегу и в русле реки на поверхности коренных глинистых сланцев лежат в несметном количестве громадные валуны гранита, достигающие иногда до 80—100 т весом.

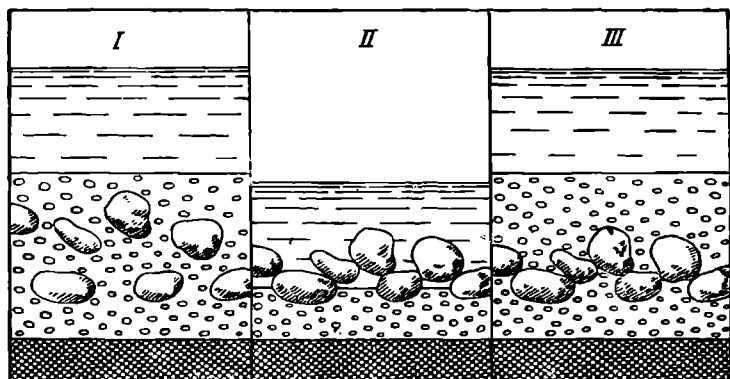
Перемытые рекою ледниковые валуны в совершенстве ею оглаживаются, утрачивая ледниковые шрамы и царапины и приобретая гладкую поверхность, свойственную аллювиальным валунам. В дальнейшем эти оглаженные валуны погребаются аллювиальными галечниками, в толще которых их ледниковое происхождение может быть разгадано далеко не всегда. Критериями в данном случае могут служить: 1) расположение валунистого аллювия среди ледникового ландшафта и ледниковых отложений; 2) большой размер валунов, исключающий возможность их водного переноса; 3) наличие среди валунов пород, чуждых данному речному бассейну (эвратические валуны); 4) сохранение на некоторых валунах следов ледниковой обработки. Если валуны не очень крупны и сложены местными породами, если к тому же ледниковые шрамы на поверхности валунов и ледниковый ландшафт недостаточно ясно выражены или сглажены последующей эрозийной деятельностью, то установление ледникового происхождения заключенных в аллювии валунов представляется затруднительным.

А л л ю в и а л ь н ы е валуны образуются путем переноса и обработки рекою валунов всех предыдущих категорий. При этом превращаются в аллювиальные лишь те валуны, которые вода в состоянии ворочать. Наиболее крупные остаются на месте, где и обтачиваются рекою. При углублении русла они лишь испытывают осадку вниз по вертикали и в очень незначительной степени перемещение вниз по течению. Валуну, перемещаемые рекою, передвигаются значительно медленнее более мелкого галечного материала. Поэтому они обтачиваются не столько в процессе собственного переноса, сколько песком и галькой, переносимыми мимо них.

Вне ледниковых районов наиболее богаты валунами участки молодых V-образных долин в зоне углубления. Отсюда валуны в значительном количестве выносятся в зону расширения долин, где и отлагаются в составе накапливающегося аллювия. Так как одновременно с ними происходит накопление галечника, то они оказываются рассеянными в его толще. С течением времени зона углубления долин, откуда главным образом поставляются валуны, отодвигается вверх по течению, поэтому, чем выше в разрезе аллювия, тем валуны становятся реже и мельче.

При таком плавном накоплении аллювия не образуется ни сплошного валунного слоя, ни слоя, заметно обогащенного валунами. Но, как мы

знаем, накопление аллювия может прерываться частичным перемывом уже накопившейся его толщи при некотором углублении русла. При этом перемыве все валуны осаживаются вниз, образуя на дне реки или сплошной валунный слой или слой, обогащенный валунами. При возобновлении процесса накопления этот слой оказывается заключенным в толще галечника (фиг. 142). Выше него валуны могут или отсутствовать или присутствовать в рассеянном состоянии. При повторном перемыве может возникнуть новый валунный прослой на более высоком уровне. Но так как по мере накопления аллювия количество и размеры валунов уменьшаются, то верхние валунные прослои являются менее значительными, чем самый нижний.



Фиг. 142. Образование валунного прослоя в аллювии.

При частичном перемыве аллювия, помимо валунов, происходит осаждение металла (см. гл. XII, 5, и фиг. 61) с образованием обогащенного металлом прослоя. Вполне естественно, что валуны при этом скапливаются на поверхности этого богатого слоя. Если процесс накопления песков уже закончен, то валунный прослой является нижним горизонтом торфов, непосредственно под которым начинаются пески. Если процесс накопления металла еще продолжается, то валунный слой входит в состав верхних горизонтов песков, но непосредственно под ним располагается обогащенная их часть. Если перемыв аллювия захватывает лишь торфа, не касаясь песков, то валунный прослой может возникнуть на любой высоте над последними.

Валуны, переносимые льдом и в корнях деревьев, могут обладать самым разнообразным характером. Корни деревьев могут захватывать лишь небольшие валуны из самых верхних горизонтов аллювия или же угловатые куски скал, на которых они растут. Развитие почвенной мерзлоты не содействует такому способу переноса валунов, так как при этом деревья обладают плоской корневой системой.

Во льду могут переноситься валуны самого разнообразного размера и происхождения. В то время как валуны, отложенные водой, до известной степени характеризуют режим реки во время их отложения и находятся более или менее в соответствии с окружающим их аллювием, валуны, отложенные льдом, являются в значительной мере случайными. Они могут присутствовать и среди галечников и среди песчано-илистых отложений. Иногда валуны выносятся льдом в озерные водоемы и отлагаются среди тонких, совершенно слоистых озерных илов. Отложенные льдом валуны часто встречаются поодиночке, но могут образовать и значительные скопления, обусловленные их освобождением из льда на перекатах.

Размеры аллювиальных валунов обычно не очень значительны, чаще всего от 0,2 до 0,5 м. Более крупные валуны размером 0,5—1 м перемещаются водой лишь на весьма незначительные расстояния. Валуны, переносимые льдом, имеют самые разнообразные размеры и в редких случаях даже имеют свыше 1 м в поперечнике.

Наличие валунов может отражаться на характере россыпи наиболее заметно в том случае, если они присутствуют в русле реки в период накопления песков. При этом отложение металла в значительной мере зависит от распределения валунов. Вблизи последних, в связи с образующимися около них завихрениями, часто наблюдаются сильно обогащенные металлом гнезда, что при обилии валунов может придать и всей россыпи гнездовой характер. Помимо распределения металла, обилие валунов может иногда отражаться и на водном режиме россыпи; сильно валунистые участки значительно легче промерзают, вызывая в некоторых случаях образование наледей.

Присутствие в долинных отложениях валунов не создает для аллювиальных россыпей никаких преимуществ. Неудобства, вызываемые валунами, весьма велики. Буровая разведка валунистых россыпей эмпайром сильно затрудняется и иногда становится невозможной. Производительность эмпайра при проходке валунов весьма невелика. Если валуны по литологическому составу сходны с плотиком, то очень крупный валун может быть ошибочно принят за плотик, и данные разведки будут неверны. Если даже все скважины будут благополучно добыты до плотика, то при неравномерном распределении металла среди валунов данные буровой разведки не могут быть очень надежными. Поэтому сильно валунистые россыпи предпочтительнее разведывать шурфами.

Но и для шурфовочной разведки валуны создают целый ряд неудобств. Крупные валуны, остающиеся в стенках шурфов и торчащие из них, приходится удалять, так как они уменьшают сечение шурфа, препятствуя производству работ, и создают угрозу для забойщика. При этом сечение шурфа нарушается, и получается излишнее количество породы, подлежащей удалению. Выдача валунов из шурфа на поверхность также связана с затруднениями и иногда не может быть произведена без предварительного дробления валуна кувалдой или взрывными работами. При отсутствии взрывматериалов иногда бывает выгоднее бросить шурф, севший на крупный валун, и задать рядом новый, чем расправляться с валуном. Так как валуны в промывку не идут, то при взятии разведочных проб приходится процент валунистости оценивать на глаз, что, конечно, отражается на точности подсчета запасов.

При разработке россыпи валуны также весьма неудобны. Менее всего неудобств они представляют при мускульной разработке россыпи открытыми работами. Все более крупные валуны при этом могут не вывозиться в отвал, а перекачиваться на участки уже зачищенного плотика. При подземных работах валуны, находящиеся в торфах, представляют неудобство лишь при проходке шахт, а находящиеся в песках могут сильно затруднять их добычу. Более всего присутствие валунов сказывается при механических способах разработки. Наличие крупных валунов делает невозможными дражные и экскаваторные работы и сильно затрудняет гидравлические. Присутствие в россыпи валунов небольшого размера довольно обычно и не является особенно вредным.

4. Галечник

Галечники (на приисках «речники») являются наиболее характерными и обычными породами долинных отложений. По способу образования среди них можно различать галечники речные, озерные и флювиогляциальные.

Способ образования галечников обычно устанавливается достаточно хорошо на основании морфологии долины. Когда морфологические признаки выражены нечетливо, помогают признаки литологические. Речные галечники обладают хотя и не резко выраженной, но в большинстве случаев полне явственной слоистостью; последняя обычно неправильная, пересекающаяся, но в общем горизонтальная. Слои более крупного и более мелкого материала могут неоднократно чередоваться в вертикальном разрезе аллювия, но в общем крупность материала убывает снизу вверх.

Озерные галечники также обладают неправильной пересекающейся слоистостью, обычно даже более ясно выраженной, чем в речных галечниках. В отличие от последних — слоистость не горизонтальная, а резко наклонная, иногда под довольно значительным углом, до 30—35°. Материал по крупности более равномерный и в общем более мелкий, при этом крупность его довольно правильно возрастает снизу вверх. Обычно озерные галечники залегают на более мелком, песчаном или илистом материале, а сверху перекрываются горизонтально лежащими речными (дельтовыми) галечниками.

Флювиогляциальные галечники обладают значительно менее явственной и менее правильной слоистостью. Крупность материала мало изменяется в вертикальном направлении, но весьма заметно вдоль по долине. В верхнем конце флювиогляциальные галечники непосредственно примыкают к моренным отложениям и представлены грубым булыжником, в котором часто совершенно незаметна слоистость. Вниз по долине булыжник сменяется галечником, причем крупность гальки непрерывно уменьшается, а слоистость делается более явственной. Вместе с тем общая мощность галечника довольно быстро уменьшается.

Галечник, выпавший ледником, может принимать участие в сложении донной и конечных морен. Некоторые морены Аллах-Юнского района сложены почти исключительно галькой. Генезис подобных галечных скоплений легче всего может быть установлен по морфологическим признакам. Кроме того, внутри них совершенно отсутствуют слоистость и сортировка материала и может встречаться примесь типичного моренного материала в виде угловатого щебня и валунов.

По литологическому составу гальки галечники могут быть разбиты на три основные группы:

1. Галечники из однообразной гальки местных пород.
2. Галечники из разнообразной гальки всех пород, развитых выше по течению.
3. Галечники из однообразной гальки наиболее устойчивых пород.

В сложении первых галечников принимают участие или одна или незначительное количество пород, развитых в бассейне данной речки или ключа. Такие галечники более характерны для небольших ключей, а при большом однообразии литологического состава пород — и для более значительных речных долин. Так, например, для многих золотоносных долин Колымского района весьма характерно резкое преобладание плоской черной гальки глинистого сланца, придающей галечным косам довольно мрачный вид. В противоположность им, ключи, текущие в гранитах, обладают также однообразной, но светлой, жизнерадостной гранитной галькой округленной формы. В Алданском районе некоторые долины имеют чисто известняковую гальку. Значительно реже случаи, когда галечники однообразного состава залегают в долинах, где развиты разнообразные породы. Так, А. К. Мейстер указывает, что в Енисейском районе по рекам Удоронге, Удерю и др. состав гальки находится в полной зависимости от подстилающих коренных пород. Как только состав последних меняется и состав гальки, и вскоре в аллювии совершенно исчезает галька всех пород, лежащих выше по течению.

В более значительных речных долинах, куда направлен вынос большого количества притоков, состав гальки бывает чрезвычайно разнообразным. В аллювии таких рек, как Колыма, Алдан, Тимптон, Учур, Зея, Амур и др., можно найти представителей чуть ли не всех петрографических групп за редкими исключениями. Иногда очень пестрым составом может обладать галька даже весьма небольших ключей. Это может быть обусловлено не только разнообразием развитых в них пород, но и посторонними причинами. Так, например, в Аллаш-Юнском районе на всех возвышенностях пользуются развитием валунно-галечные отложения покровного оледенения, представленные разнообразными, принесенными издалека породами. Современный аллювий небольших долин и даже распадков обогащается за их счет галькой и обладает довольно пестрым составом даже при полном однообразии окружающих коренных пород.

Процентное содержание гальки различных пород может очень сильно изменяться по длине долины. Обычно первенствующая роль принадлежит гальке пород местных и развитых немного выше по течению. Галька удаленных пород находится в подчиненном количестве. Соотношение между этими двумя частями может сильно меняться в зависимости от окружающего рельефа. При пересечении рекою возвышенностей с резким рельефом роль местной гальки возрастает, так как происходит интенсивное ее поступление со склонов и из боковых распадков; наоборот, при пересечении участков с плоским рельефом роль местной гальки уменьшается.

Процентный состав гальки может несколько изменяться и в вертикальном разрезе аллювия. Весь аллювий можно разбить по вертикали на два слоя: нижний, отложившийся в фазу заполнения долины и с тех пор не перемывавшийся, и верхний, неоднократно перемывавшийся при боковых перемещениях русла в фазу покоя. Так как в процессе преобразования долины получается весьма значительное количество местного обломочного материала, то, естественно, в нижнем слое роль местной гальки должна быть больше. По окончательном формировании долины приток местного обломочного материала значительно ослабевает, почему в верхнем слое роль местной гальки снижается.

Состав гальки может изменяться и в связи с изменениями в очертаниях гидросети. Если река захватила часть смежного речного бассейна, то в ней может появиться галька пород, отсутствовавших ранее. Прослеживая состав гальки на террасах различного уровня, можно установить, на каком уровне произошел перехват. Наоборот, обезглавленная река будет содержать в своих наносах гальку пород, отсутствующих в ее новом, уменьшенном бассейне.

Галечники третьего рода пользуются сравнительно небольшим распространением. Их однообразный состав из наиболее устойчивых пород указывает на весьма длительную обработку их водою, при которой все менее устойчивые породы подверглись истиранию. Галька в них обычно представлена кварцем и кремнистыми породами; даже магматические породы обычно отсутствуют. Это скорее говорит в пользу того, что периоды водной обработки чередовались с периодами длительного выветривания галечников, благодаря которому магматические породы при последующих перемывах очень легко распадались в дресву. Примерами подобного рода галечников могут служить дельтовые конгломераты Витватерсранда и Кузнецкой котловины, террасовые белые галечники Клондайка и некоторые другие.

Таким образом, все три рода галечников с известным приближением могут рассматриваться как последовательные стадии водного переноса и обработки материала. Первые галечники помимо однообразного состава гальки отличаются еще различной ее величиной и наименьшей окатанностью. Во вторых — величина более равномерна и окатанность

совершеннее; в третьих—и сортировка по крупности и окатанность весьма совершенны. Переход от первых галечников ко вторым в отношении литологического состава весьма резкий, в отношении сортировки и окатанности — постепенный, почему границы между ними, проводимые по тому или иному признаку, не будут совпадать между собою. Переход от вторых галечников к третьим — постепенный во всех отношениях.

О форме гальки и ее окатанности уже говорилось в гл. VII. Каждая галька в результате долговременной обработки стремится принять форму трехосного эллипсоида или овоида. Форма реальной гальки представляет всевозможные переходы от первоначальной угловатой формы щебня к этой предельной форме. Галька мягких пород приближается к предельной форме значительно быстрее, чем галька более твердых. Поэтому можно различать абсолютную и относительную окатанность гальки. Абсолютная окатанность характеризует длительность и интенсивность обработки гальки; относительная окатанность или степень окатанности показывает, насколько галька приблизилась к своей предельной форме. При одинаковой абсолютной окатанности галька твердых пород относительно менее окатана, чем галька мягких; при одинаковой относительной окатанности абсолютная окатанность твердых пород больше, чем мягких.

Расположение гальки в галечнике зависит от способа ее перемещения. Галька, перемещаемая волочением, имеет длинную ось, направленную вдоль русла, среднюю — по ширине русла. В гальке, перемещаемой перекатыванием, наоборот, большая ось направлена по ширине русла, а средняя—вдоль него. И в том и в другом случае галька лежит не совсем плашмя, а несколько наклонно вверх по течению; особенно резко это сказывается при плоской гальке (фиг. 143). При перемещении волочением верхний по течению конец гальки, как бы отстающий в своем движении, является более тяжелым — или более толстым или более широким. При перемещении перекатыванием более тяжелый конец может быть обращен и вниз по течению.

При отложении гальки на крутых подводных склонах, например в дельтах или ниже галечных перекатов, которые часто обрываются к ниже лежащим плесам крутыми склонами, галька ложится плашмя на поверхность склона, благодаря чему имеет уклон вниз по течению (фиг. 144). Галька, скатывающаяся к подножию склона, располагается беспорядочно. Если галька в небольшом количестве заключена в более мелком материале, песчанистом или илистом, то обычно она располагается плашмя.

Галечники, сложенные лишь одним галечным материалом, весьма редки. Обычно они содержат примесь более мелкозернистого материала, образующего цемент галечника. Чаще всего это бывает песок или совершенно чистый, хорошо промытый, или с примесью илистых и глинистых частиц. В некоторых случаях последние отлагаются не вместе с галечником, а заиливают его впоследствии, при циркуляции в нем воды. Количество мелкого материала может быть весьма различным, вплоть до преобладания его над галькой.

Галечники, не содержащие мелкого материала или содержащие лишь ничтожное его количество, называются на приисках «сушенцами». Они очень легко осыпаются со стенок шурфов, даже находясь в мерзлом состоянии. Подобный их состав во многих случаях не является первоначальным, а обусловлен позднейшим вымыванием мелкого материала циркулирующей в галечнике водою. Благодаря процессу вымывания верхние горизонты флювиогляциальных галечников очень часто представляют собою скопления чистого, ничем не скрепленного булыжника.

Содержание в галечнике мелкого материала является закономерным, примесь более крупного или угловатого — более или менее случайной. Крупный материал представлен валунами различного размера и окатан-

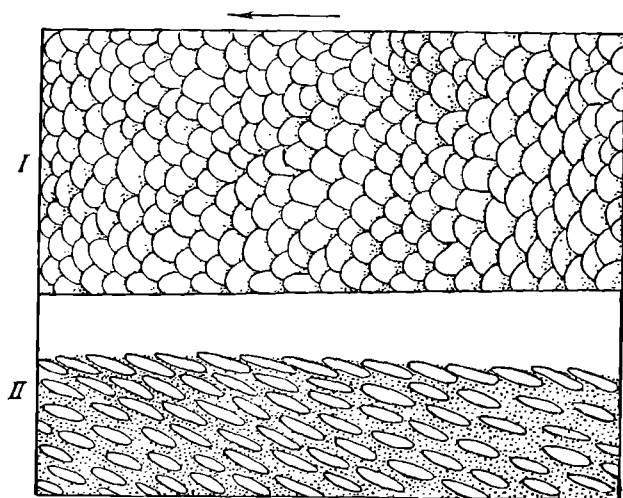
ности; они расположены в галечнике или поодиночке или целыми прослоями; в последнем случае галечник может играть подчиненную роль, лишь выполняя промежутки между валунами. Примесь щебня наблюдается или вблизи крутых склонов долины (коллювиальный щебень), или около устьев боковых распадков при перемыке конусов выноса (пролювиальный щебень), или, наконец, в нижних горизонтах аллювия вблизи границы его с элювием плотика.

В последнем случае примесь щебня является наиболее обильной и закономерной. Иногда даже наблюдается довольно постепенный переход галечника в слой угловатого элювиального щебня.

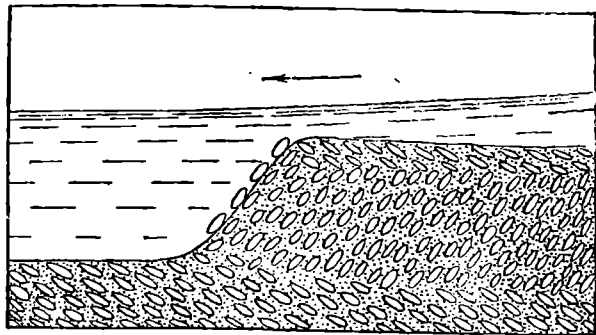
Помимо самостоятельных горизонтов галечника, галька может встречаться и в виде примеси в слоях более мелкого материала. В аллювиальных илах и песке галька может присутствовать в рассеянном виде, занесенная в них в большую воду отдельными завихрениями течения или льдом. В коллювиальные ила и глины галька может попасть с древних речных террас и из валунно-галечных отложений покровного оледенения (Аллах-Юнский район). Конусы выноса могут содержать примесь гальки, подвергшейся округлению в самих распадках при вращении в вымоинах. Наконец, та или иная примесь гальки весьма обычна в донной и конечных моренах.

Мощность галечников бывает весьма различной. Озерные галечники достигают иногда очень большой мощности, зависящей в основном от глубины выполненного ими озера. Мощность флювиогляциальных галечников в некоторых случаях измеряется десятками метров, иногда же сравнительно невелика. Аллювиальные галечники чаще всего обладают мощностью от 3 до 8 м, но иногда могут выходить и за эти пределы.

В некоторых районах галечники совершенно или почти совершенно не содержат в себе металла, весь он заключен в подстилающем галечники элювиальном слое. В этих районах название «речники» является почти синонимом «торфов». Но и в них самый нижний слой галечников все-таки обычно является металлоносным. В других районах, наоборот, значительная часть слоя галечников может содержать промышленный металл. Чаще



Фиг. 143. Расположение плоской гальки в галечнике в плане (I) и в разрезе (II).



Фиг. 144. Расположение гальки под перекатом.

это бывает в глинистых галечниках, тогда как в песчанистых, особенно с небольшой примесью песка, мощность металлоносной их части редко бывает значительной.

Характер галечников оказывает весьма большое влияние на гидрогеологию россыпей. Сильно глинистые галечники являются водоупорным горизонтом, наоборот, песчанистые галечники и особенно сушенцы представляют главные водоносные горизонты долинных отложений. В условиях вечной мерзлоты мощность русловых галечников и ее изменения по длине долины играют очень большую роль в процессе образования наледей.

При разведке и разработке россыпей галечники являются одной из наиболее приятных пород. Правда, их значительная водоносность может в некоторых случаях создать затруднения для разведочных и эксплуатационных работ, но это, пожалуй, единственное неудобство, которое с ними связано. Галечники легко доступны для всех видов работ и почти всегда дают хорошую производительность; крупные галечники (бульжник) не очень удобны для буровой разведки. Сушенцы неустойчивы даже в условиях мерзлоты и требуют крепления, но мощность их обычно невелика, и приурочены они чаще к верхним горизонтам аллювия. При оттаивании мерзлоты галечники обладают меньшей теплоемкостью, чем другие породы. Они легко поддаются оттайке как при помощи пожаров, так и всеми другими способами (солнечным теплом, бутом, царом, горячей и холодной водой). Илистые и песчанистые галечники также весьма удобны для промывки, тогда как сильно глинистые создают целый ряд затруднений.

5. Щебень и дресва

Щебень и дресва являются угловатыми аналогами гальки различной крупности. При этом щебень пользуется большим распространением в различных категориях долинных отложений, дресва же весьма ограниченным. Щебень принимает участие в сложении элювия, коллювия, пролювия и моренных отложений, дресва — только в сложении элювия. Из всех категорий щебня элювиальный представляет наибольший интерес, так как именно с ним очень часто связана наибольшая металлоносность долинных отложений.

Образование элювиального щебня происходит весьма интенсивно в фазу углубления долины. Щебень тотчас подхватывается рекою и перемещается вниз по течению, подвергаясь окатыванию и входя в состав аллювия. Благодаря своей угловатой форме и иногда довольно значительной крупности, щебень является менее подвижным, чем остальная масса аллювия, и сосредоточивается в нижней части активного слоя. Так возникает тонкий слой щебня, промежуточный по своему характеру между элювием и аллювием. Он может содержать некоторую примесь хорошо окатанного материала и не очень резко переходить в вышележащий галечник. Если щебень является плоским, то обычно он располагается плашмя или в близком к этому положении.

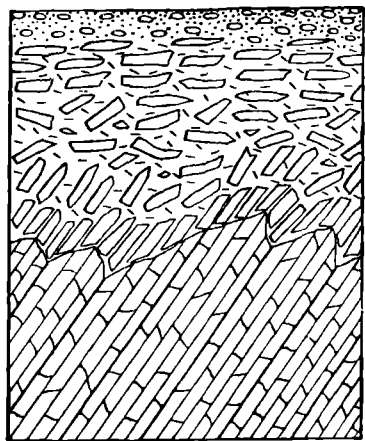
По окончании углубления долины и перед началом накопления наносов выветривание плотика протекает достаточно интенсивно, и образуется новый, чисто элювиальный слой щебня, уже не перемываемый рекою. Так как движение активного слоя в течение некоторого периода происходит по поверхности этого щебня, то он совершенно постепенно переходит в перемытый щебень. В дальнейшем по мере накопления аллювия интенсивность выветривания плотика уменьшается, но не прекращается. В результате может образоваться слой щебня свыше 1 м мощностью. Он тем больше, чем длительнее период выветривания, т. е. чем древнее россыпь.

Обычно слой щебня может быть разделен на три части. Нижняя часть представляет собою щебень, окончательно отделившийся от коренной породы, но еще залегающий *in situ* или лишь в слегка смещенном положении. Средняя часть представляет собой тот же щебень, но уже выведенный из первоначального положения и залегающий беспорядочно. Верхняя часть представляет собой перемытый щебень, залегающий плашмя (фиг. 145). Все три части переходят друг в друга довольно постепенно, но между верхней и средней граница может быть иногда выражена резко. В некоторых случаях перемытый щебень может отсутствовать совершенно, а иногда отсутствует и средняя часть, и тогда галечник залегаet непосредственно на нижнем слое щебня или даже на коренных породах. Обычно это бывает на устойчивом в отношении выветривания плотике и в очень молодых россыпях.

Состав щебневого слоя является наиболее однородным в нижней части. Здесь, кроме щебня плотика, присутствует лишь в том или ином количестве так называемая «примазка», т. е. илесто-глинистый, песчано-глинистый или песчано-илистый материал, плотно выполняющий все промежутки между щебнем. Этот материал отчасти образуется в результате выветривания плотика, отчасти набивается в его трещины из вышележащего аллювия. В средней части относительное количество щебня уменьшается за счет увеличения количества мелкого песчано-илесто-глинистого материала, отчасти аллювиального, но главным образом элювиального. Верхняя часть обладает наиболее пестрым составом. Кроме щебня плотика, здесь может присутствовать и щебень других пород, выходящих не遠далеке вверх по течению. Часто наблюдается та или иная примесь гальки и значительно увеличивается количество аллювиального песчано-илистого материала.

Некоторые массивно-кристаллические породы, особенно граниты, при выветривании под слоем аллювия образуют не щебень, а дресву. Иногда распадающиеся гранита в дресву распространяются на весьма значительную глубину, измеряемую несколькими метрами. Проникновение металла в такую дресву является более затруднительным, чем в плотик с правильной трещиноватостью, но очень тонкие частицы металла могут проникать в нее довольно глубоко. Нахождение подобных частиц в гранитной дресве, слагающей плотик некоторых россыпей Алданского района, в первые годы разработки района дало повод многим его работникам считать первоисточником золота россыпей архейские аляскистовые граниты, совершенно безнадежные в отношении золотосодержания.

В коллювиальных отложениях щебень, наряду с илами и глиной, является главной составной частью. Преобладание щебня или илесто-илистого материала зависит от крутизны склонов долины и характера слагающих их пород. В некоторых случаях коллювий состоит почти из одного щебня лишь с небольшой примесью мелкого материала. В некоторых платиноносных террасовых россыпях Урала нередко наблюдались «застилы», прослой коллювиального щебня мощностью от 0,7 до 4 м. По литологическому составу коллювиальный щебень может быть неоднороден и представлен всеми породами, выходящими на склонах долины. Спокойное



Фиг. 145. Идеальный разрез элювия плотика.

залегание коллювиального щебня поверх аллювия и его литологический состав позволяют отличать его от скоплений щебня, обязанных своим происхождением работе ледников. Слои коллювиального щебня чистого или с илами носят на дальневосточных приисках название «горного свала».

Проллювиальный щебень может встречаться лишь в конусах выноса и то он обычно играет здесь подчиненную роль, будучи рассеян среди более мелкого материала. Очень крутые распадки, рассекающие каменистые склоны, могут давать и существенно-щебневой пролювий; он слагает не весь конус выноса, а образует в нем лишь щебневые прослои, чередующиеся с прослоями илистого материала. Преобладание щебня наблюдается вблизи вершины конуса, а илистого материала — у его основания. В некотором количестве в сложении конусов выноса может принимать участие и дресва. Проллювиальные щебневые слои легко устанавливаются по переслаиванию с илистым материалом и залеганию в конусах выноса.

Моренный щебень наряду с угловатыми валунами является основным материалом срединных и боковых морен. Мелкий материал в них присутствует в подчиненном количестве, а иногда отсутствует совершенно. Литологический состав щебня разнородный и представлен не только породами, развитыми вблизи на склонах долины, но иногда и породами, удаленными на многие километры и даже десятки километров вверх по долине. Моренный характер подобных щебневых скоплений достаточно легко устанавливается по их составу, морфологическим признакам и связи с другими следами древнего оледенения.

При разведке и разработке россыпей с моренными щебневыми скоплениями почти не приходится сталкиваться. Коллювиальный и проллювиальный щебень не оказывает какого-либо влияния на характер самих россыпей, но, как и все образования подобного рода, увеличивает мощность перекрывающих их торфов, иногда весьма значительно. Для проходки не представляет каких-либо особых преимуществ или неудобств, за исключением того случая, когда сильно разбавлен мерзлыми илами. Но и эти неудобства связаны преимущественно не с самим щебневым, а с мерзлым илистым материалом.

Элювиальные щебневые слои имеют громадное практическое значение. Достаточно указать, что максимальная металлоносность обычно приурочена именно в этому горизонту долинных отложений. Характер щебневого слоя в значительной мере определяет удобство металлоносных песков для добычи и промывки. Мощное развитие элювия является благоприятным фактором, так как при этом вся металлоносная часть плотика оказывается превращенной в элювий, и при добыче песков не приходится заниматься разборкой плотика. Особенно большое значение это имеет при механических способах разработки. В том же направлении влияет превращение плотика в дресву.

6. Ила и песок

Хотя по крупности частиц ила и песок относятся к различным категориям обломочного материала, но в пластовых металлоносных россыпях они играют примерно одинаковую роль: в подчиненном количестве присутствуют в слоях более крупного материала — щебня и гальки, служа для них цементом, а в виде самостоятельных слоев принимают участие в сложении торфов. В косовых россыпях песок может являться металлоносным. В дальнейшем, чтобы не путать литологическое понятие «песок» с металлоносными «песками», представляющими в громадном большинстве случаев отнюдь не песок, а галечник или щебень лишь с небольшой примесью песка, мы будем литологический песок всегда употреблять в единственном числе.

По способу образования самостоятельные слои илов и песка могут быть коллювиальными, пролювиальными, эоловыми, флювиогляциальными, аллювиальными речными и озерными. В составе долинного элювия и моренных отложений они хотя и принимают почти непрерывное участие, но играют подчиненную роль по сравнению с другим обломочным материалом.

Коллювиальные илистые образования пользуются громадным распространением в большинстве металлоносных районов. При крутосклонном рельефе в составе коллювия начинает преобладать щебень, но и песчано-илистый материал продолжает играть значительную роль, особенно в тех случаях, когда коренные породы представлены глинистыми сланцами. Совершенно чистых коллювиальных илов не встречается, так как они неизменно содержат то или иное количество щебня. Растекаясь по мере своего накопления от бортов долины к ее середине в виде довольно густой тестообразной массы, эти ила, естественно, не обладают никакой слоистостью.

Когда коренные породы на склонах долины представлены песчаниками, кварцитами, конгломератами, гранитом, вообще породами, дающими песчаный элювий, в составе коллювия может преобладать песчаный материал. Обычно он также содержит примесь щебня, в случае конгломерата — также гальки, а в случае гранита — дресвы. Сколько-нибудь чистый песчаный коллювий вряд ли встречается.

Для пролювиальных образований песчано-илистые отложения еще более характерны. Пролувиий, образующийся путем смыывания мелких частиц со склонов и с поверхности коллювиальных масс, отлагается впереди последних, ближе к середине долины. Часто коллювиальные ила переходят в пролювиальные без сколько-нибудь резкой границы. При песчаном составе коллювия и связанный с ним пролувиий представлен преимущественно песком. Пролувиальные песчано-илистые отложения обладают вполне явственной, хотя и не очень правильной слоистостью и довольно однородным составом без примеси псефитового материала, почему в некоторых случаях трудно отличимы от аллювиальных.

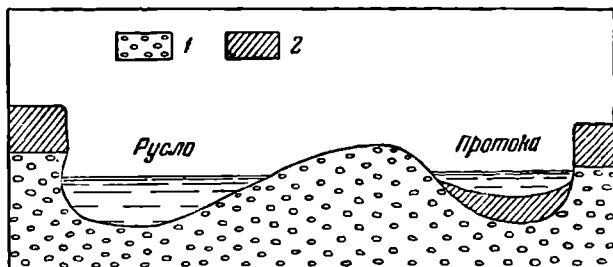
Пролувиальные конусы выноса обладают обычно разнородным материалом, среди которого песчано-илистый резко преобладает. В них чередуются слои чистых илов и песка с такими же слоями, содержащими примесь щебня и дресвы. По периферии конуса псефитовый материал часто отсутствует, и здесь песчано-илистые отложения неотличимы от обычного пролювия.

Эоловый песок образуется в условиях сравнительно сухого климата. Вообще песок любого происхождения может быть переотложен ветром. Аналогами илов в эоловых отложениях являются лёсс и лёссовидные суглинки. Для районов с развитием почвенной мерзлоты эоловые отложения весьма нехарактерны.

Если в коллювии и пролювии ил и песок играют примерно одинаковую роль, отличную от роли псефитового материала, то в речном аллювии роль их несколько различна. Песок наряду с галечником принимает участие в сложении преимущественно русловых отложений, накопление илов происходит в старых, отмирающих протоках и на берегах, заливаемых мутной высокой водой. Песок является главнейшим цементирующим веществом речных галечников; иногда он является в той или иной мере илистым, но во многих случаях бывает хорошо отмыт и примеси илов не содержит совершенно. Количество песка в галечнике, особенно в гравии, может быть очень значительно, вплоть до преобладания.

Кроме цемента галечников, песок образует в аллювии и самостоятельные залежи. Часто это бывают небольшие неправильные линзы среди галечников, а в верхних горизонтах аллювия слои более значительного про-

тяжения. В большинстве горных рек, обладающих достаточно быстрым течением, в самом русле и в непосредственной близости к нему происходит лишь накопление галечника; песок отлагается или в наиболее возвышенной части галечных кос или в находящихся сзади них сухих протоках, заливаемых лишь в высокую воду. При меньшей скорости течения, т. е. в более крупных реках, а также в период их одряхления, песок может отлагаться и в непосредственной близости от русла и даже в самом русле, образуя сплошные залежи значительного протяжения. В наиболее крупных реках русловые наносы представлены преимущественно песком.



Фиг. 146. Отложение ила в полутеррасной протоке.

1 — галечник; 2 — ил.

Аллювиальные ила в долинных отложениях горных рек играют гораздо большую роль, чем песок. Это объясняется тем, что их отложение происходит из взвешенного в мутной воде материала, почему и может протекать на значительной площади долины. Скорость течения, достаточная для поддержания и переноса

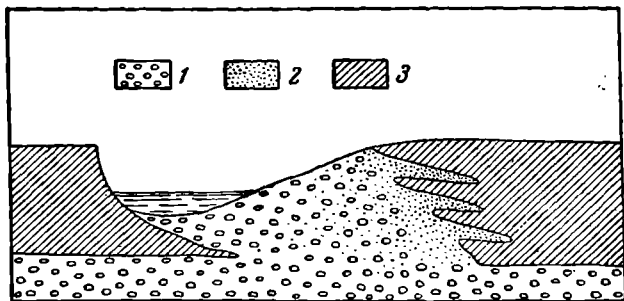
во взвешенном состоянии песка, наблюдается лишь в самом русле, но здесь она слишком велика для возможности его накопления. Поэтому последнее происходит лишь в отдельных небольших участках, особенно для этого благоприятных.

Накопление илов происходит или в старых, полутеррасных протоках или в участках берега, заливаемых высокими водами, вообще там, куда мутная высокая вода достигает, но где скорость ее течения настолько невелика, что может происходить отложение илов. Отмирание боковых протоков в большинстве случаев начинается с закупоривания их верхнего по течению конца или нанесенными в них древесными стволами или галечными отложениями. Такие полутеррасные протоки, соединяющиеся с руслом лишь нижним своим концом, могут существовать в течение довольно долгого срока, постепенно заполняясь илом. Глубина их иногда бывает 1—2 м, так что отложение ила идет на том же высотном уровне, на котором в русле происходит отложение галечника (фиг. 146). Накопившийся в протоке ил в дальнейшем может быть вновь перекрыт галечником и будет иметь форму вытянутой вдоль долины линзы.

Отложение ила на заливаемой части берега может иметь место на значительной ширине долины, измеряемой десятками и даже сотнями метров. В течение каждого половодья отлагается очень тонкий слой ила, но, повторяясь ежегодно и иногда даже по несколько раз, этот процесс в общем протекает довольно быстро. Скорость накопления илов регулируется скоростью накопления галечников в русле; если накопление илов происходит слишком быстро, то уровень берегов относительно русла повышается, и они перестают заливаться водой; если накопление илов отстает от накопления галечников, то берега начинают все чаще заливаться водой, и накопление илов усиливается. Благодаря увеличению глубины воды, а следовательно, и скорости течения, на затопленном берегу может при этом происходить даже отложение песка. Параллельное накопление илов и галечника может повести к тому, что последний окажется с двух сторон заключенным в илах (фиг. 147).

Береговые ила отлагаются среди растительного покрова берегов, постепенно его погребая. В удалении от русла аллювиальные ила могут очень

тесно переплетаться с пролювиальными. При весеннем таянии снега, а также после дождей происходит интенсивный смыв илистого материала со склонов и отложение его тонким слоем в долине. Подъем воды в реке, происходящий через некоторое время, вызывает отложение на берегах аллювиальных илов. Если затоплению подвергается значительная ширина долины, то отложение этих илов происходит поверх пролювиальных, в результате чего возникает тонкое переслаивание тех и других (фиг. 148). Провести здесь границу между ними довольно затруднительно.



Фиг. 147. Параллельное накопление илов и галечника.

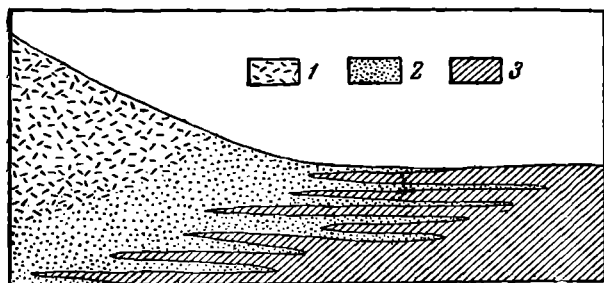
1 — галечник; 2 — песок; 3 — ила.

Таким образом ила

коллювиальные, пролювиальные и аллювиальные слагают верхние горизонты долинных отложений. Различение их между собою может быть основано на характере материала, слоистости и растительных остатках. В коллювии материал разнородный, вплоть до включений щебня и валунов; слоистость отсутствует. В конусах выноса щебень или дресва обычно присутствуют, но приурочены к определенным слоям; слоистость

неправильная и грубая. В нижних частях конусов выноса и в пролювии, смываемом со склонов, материал более однородный, песчано-илистый; слоистость, хотя и не правильная, но довольно тонкая. В аллювиальных илах материал в высшей степени однородный, благодаря чему слоистость может быть незаметна.

Для сохранения растительных остатков коллювиальные ила неблаго-



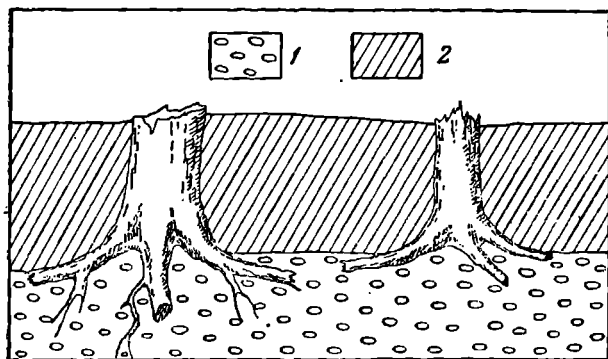
Фиг. 148. Схема соотношения долинных илов различного генезиса.

1 — коллювий; 2 — пролювий; 3 — аллювий.

приятны. Их оползание происходит в значительной мере вместе с покрывающим их растительным покровом, вследствие чего погребение последнего происходит лишь в основании толщ илов, и то не всегда. В отдельных участках оно может иметь место и внутри илов, но так как сами ила находятся в постоянном, хотя и медленном движении, погребенная растительность имеет много шансов быть совершенно перетертой и уничтоженной. Пролувиальные и береговые аллювиальные ила по мере своего накопления неизменно погребают растительный покров; погребенные части растений отмирают, а на поверхности илов вырастают новые. Если накопление илов происходит медленно, то погребенные части успевают истлеть, и в илах сохраняются или полуистлевшие растения или лишь пустоты от них. Если накопление илов происходит быстро, то в основании их слоя может сохраниться и неистлевший растительный покров. Кроме мха и

травы, в этих илах обычны древесные и кустарниковые корни, пни и поваленные стволы деревьев с корой. Очень часто встречаются погребенные пни, корневая система которых расположена по границе галечников и илов (фиг. 149).

В полуотмерших протоках происходит отложение преимущественно падающих с деревьев листьев, хвои, веточек, а также заносимых иногда сюда высокой водой древесных стволов без коры и ветвей. Все эти растительные остатки располагаются в илах горизонтально. Из местных растений могут присутствовать болотные травы, иногда растущие у берегов проток, и кусты тальника.



Фиг. 149. Погребенные пни в борту водоотводной канавы ключа Мигор (Аллах-Юсский район).

1 — галечник; 2 — ила.

Озерные ила и песок в большинстве случаев являются хорошо сортированными по крупности и обладают ясно выраженной слоистостью. Последняя в песке неправильная, перекрывающаяся, в илах обычно весьма совершенная, обусловленная чередованием материала несколько различной крупности. Многие небольшие озера, расположенные на поверхности донных морен, являются непроточными и

заполняются илистым материалом, сносимым в них дождевыми водами. В них слоистость, приближающаяся к слоистости пролювиальных илов, может быть заметна лишь у берегов, а в середине озера, благодаря большой однородности здесь материала, она может не проявляться. В противоположность предыдущим категориям озерные ила приурочены не к верхним, а к нижним горизонтам озерных отложений. Часто они перекрываются озерным песком, который в свою очередь перекрывается галечником. Если выноса крупного материала в озеро не происходит, то все оно может быть заполнено илами; в этом случае они будут представлять верхние горизонты долинных отложений. Та же картина получится, если перекрывающие их озерные галечники будут уничтожены размывом.

Флювиогляциальные ила и песок весьма характерны для равнинных местностей, подвергавшихся оледенению; для горных местностей они менее характерны, хотя и встречаются. Объясняется это тем, что в горных местностях талые ледниковые воды вблизи пояса конечных морен обладают большой скоростью и отлагают лишь грубый материал. Ниже по течению, куда выносятся ил и песок, эти воды сливаются в одно русло, и песчано-илистый материал отлагается не как флювиогляциальный, а как типичный аллювиальный. Но в горных котловинах, в широких речных долинах, а также при отступании ледника выше пояса конечных морен может происходить накопление типичных флювиогляциальных илов и песка.

В составе моренных отложений песчано-илистый материал неизменно участвует, но преимущественно в виде примеси к более крупному материалу или глине. В донной и конечных моренах роль его может быть довольно значительна, в срединных и боковых — обычно невелика.

Мощность илов в долинных отложениях может варьировать в широких пределах, но почти всегда она довольно ощутительна. Аллювиальные ила,

если они не смыты, чаще всего обладают мощностью в 1—2—3 м, но известны случаи, когда мощность их превышала 10 м. Проллювиальные ила в широких долинах не обладают большой мощностью, в узких долинах мощность их измеряется метрами. В конусах выноса, где чисто илистые слои чередуются с илисто-щебневыми, общая мощность их измеряется метрами, иногда достигая 10—20 и даже 30 м. Мощность коллювиальных илов в молодых долинах ничтожна, в старых может быть весьма велика, достигая у подножия склонов (а в узких долинах и в их середине) 10—20—30 м. Мощность озерных илов также нередко измеряется десятками метров. При повторном накоплении аллювия слои илов могут оказаться погребенными и будут встречаться в разрезе аллювия на двух или нескольких горизонтах.

Мощность чисто песчаных слоев, участвующих в составе долинных отложений, в большинстве случаев невелика. Большой мощностью могут обладать лишь слои озерного песка, а также речной песок в долинах крупных рек, где с ним бывают связаны не пластовые, а лишь косовые россыпи.

Ила обычно не подразделяются на более дробные категории ни по крупности материала, ни по его окатанности, ни по минералогическому составу. Крупность частиц в них такова, что они переносятся во взвешенном состоянии, не подвергаясь окатыванию и сохраняя свою угловатость. Разделение песка по крупности было указано в начале главы. По окатанности его можно разделить на окатанный, угловатый и промежуточный между ними (угловатоокругленный). Коллювиальный и проллювиальный песок обычно является угловатым, за исключением тех случаев, когда он образовался за счет разрушения песчаников с окатанным зерном. Аллювиальный и флювиогляциальный песок, в зависимости от его состава, крупности и дальности переноса, является или окатанным или угловатоокругленным. Эоловый песок может быть очень хорошо окатан даже при очень мелком зерне.

По минералогическому составу песок может быть разбит на три группы, аналогично тому, как это делается для песчаников. Последние разбиваются на: полимиктовые песчаники, состоящие из обломков самых разнообразных пород и минералов, аркозовые песчаники, состоящие преимущественно из зерен кварца и полешпатов, и кварцевые песчаники, состоящие преимущественно из зерен кварца. Соответственно этому можно различать полимиктовый, аркозовый и кварцевый песок. Первый весьма характерен для районов развития глинистых сланцев, эффузивов и туфогенных пород. В Колымском и Аллаш-Юнском золотоносных районах преобладающим распространением пользуется серый полимиктовый песок.

Аркозовый песок характерен для районов развития таких богатых полевым шпатом пород, как граниты, гнейсы и пр. Кварцевый песок возникает из первых двух в результате длительного переноса, сопровождаемого истиранием всех менее устойчивых зерен, или в результате выветривания кварцевых песчаников и кварцитов. Можно различать еще песок по второстепенным минеральным примесям, например слюдистый, охристый, а также по цементирующему веществу — илистый, глинистый и пр.

Для проходки ила и песок являются породами менее благоприятными, чем галечник, а в некоторых случаях с ними связаны чрезвычайно большие неудобства. В талом состоянии они весьма удобны для проходки и выемки, а также для промывки: илистые, а особенно песчанистые галечник и щебень являются хорошо промывистыми. Если ила или песок лежат на поверхности водоупорного слоя, по которой происходит сток подземных вод, то часто они, будучи насыщены водой, превращаются в пльвун, представляющий собою одну из наиболее трудных для проходки пород.

В мерзлом состоянии, вследствие обычно значительного содержания льда, они обладают весьма малой теплопроводностью и большой теплоем-

костью, что делает весьма затруднительной их оттайку. В илах очень часто содержатся ледяные прослойки и прожилки, которые при оттаивании дают громадное количество воды, делающей совершенно невозможной их оттайку пожаром и весьма мало производительной оттайку бутом. Для механических работ оттайку илов предпочтительнее всего производить путем их смывания заведенной на них водою. Так как оттаявший илистый материал очень легко уносится водою, то в соприкосновение с ней приходят все новые слои мерзлых илов, и в общем оттайка протекает довольно быстро.

При мускульных работах совершенно чистые ила, не содержащие примеси щебня или гальки, в мерзлом состоянии довольно хорошо проходятся на кайлу. Примесь щебня или гальки делает такой способ проходки совершенно невозможным; такие ила являются одной из весьма трудно проходимых пород. Для их проходки наиболее рационально применение взрывных работ. При шурфовочных работах рационально употребление паровых котлов (бойлеров) для оттайки. При отсутствии взрывматериалов и бойлеров лучше всего производить оттайку таких илов бутом.

Мерзлый песок для проходки несколько благоприятнее, чем ила, так как он обычно содержит значительно меньшую примесь льда и потому является более тающим. Благодаря его сравнительно небольшому развиту в долинных отложениях, его проходимость не отражается заметно на технических качествах россыпи. В косовых россыпях, где он более обычен, он всегда талый и весьма удобен для добычи и промывки.

7. Глины

Глины представляют собою скопления наиболее тонкого обломочного материала (мельче 0,01 мм), обычно богаты коллоидами, благодаря чему они обладают свойством пластичности. Говоря о происхождении глин, следует различать способ образования самого глинистого вещества и способ образования данного скопления глины. Они совпадают, если глина залегает на месте своего образования, и могут очень сильно различаться, если глина является перестолженной. Проводить такое разделение для глин совершенно необходимо, так как, в отличие от илов, процессы образования глинистого вещества являются строго локализованными и, за исключением ледниковых глин, ни в малейшей степени не связаны с процессом перемещения обломочного материала.

Процессы образования глинистого вещества нами были уже вкратце рассмотрены (см. гл. IV, 4). Скопления глин, встречающиеся среди долинных отложений, по способу своего образования могут быть элювиальными, коллювиальными и пролювиальными, аллювиальными речными и озерными, ледниковыми и флювиогляциальными.

Элювиальные глины долинных отложений связаны исключительно с элювием плотика. Это может быть разложившийся глинистый сланец, выветрившиеся полевошпатовые породы или закарстованные известняки, покрытые остаточной элювиальной глиной. Обычно образование этой глины происходит после отложения на плотике россыпи, так как при углублении русла оно врезается в коренные породы, а в тот короткий промежуток времени, который проходит между окончанием врезания и отложением россыпи, плотик не успевает достаточно выветриться, чтобы превратиться в глину. Но при разложении глинистых сланцев под влиянием серной кислоты, протекающем довольно быстро, в некоторых случаях, вероятно, возможно отложение россыпи на уже превращенном в глину плотике.

Если величина врезания невелика, а мощность наносов перед врезанием была значительна, то может случиться, что русло углубится лишь до слоя элювиальной глины или немного в него врежется. В этом случае

также возможно отложение россыпи на элювиальной глине. При этом не происходит проникновения металла в плотик, и граница между последним и металлоносным пластом достаточно резкая. Когда образование элювиальной глины происходит после отложения россыпи, то переход от металлоносного пласта к плотику постепенный, и сам металлоносный пласт содержит значительное количество элювиальной глинистой примазки.

Коллювиальные и пролювиальные глины в своем распространении очень тесно связаны друг с другом. Они могут отлагаться лишь там, где на склонах долины происходит образование элювиальных глин. По примеси каменистого материала, содержанию растительных остатков, слоистости, мощности и пр. коллювиальные и пролювиальные глины имеют очень много общего с соответствующими категориями илов.

Самостоятельные слои чистых аллювиальных глин образуются лишь в том случае, если элювиальные глины, поставляющие для них материал, пользуются достаточно широким распространением. В противном случае глины образуют лишь примесь к другим категориям аллювиальных наносов, которые и являются в той или иной мере глинистыми (глинистый галечник, глинистый песок, глинистый пл). При этом отложение глинистого вещества происходит не одновременно с песком или галькой, а лишь путем их последующего заиливания. Илистый материал отлагается одновременно с глинистым, но несколько быстрее его. Поэтому при обилии в составе переносимых наносов илистого материала отлагающиеся аллювиальные глины никогда не бывают чистыми, а в той или иной степени иловатыми. Лишь при небольшом количестве илистого материала или при весьма тихом течении, когда илистые частицы проникают далеко не всюду, куда заходит мутная глинистая вода, возможно отложение достаточно чистых аллювиальных глин.

Озерные глины, в отличие от речных, часто могут быть весьма однородны по своему составу. Для этого лишь необходимо достаточное содержание взвешенного глинистого материала в поступающей в озеро воде и такие размеры озера, чтобы глинистый материал имел возможность отлагаться отдельно от илистого. При недостаточных размерах озера отложение илистого и глинистого материала происходит в одних участках, благодаря чему возникают слоистые иловатые глины. Озерные глины обычно представляют наинизшие горизонты озерных отложений.

Ледниковые глины наряду с другими категориями обломочного материала (валуны, щебень, дресва, песок и пр.) участвуют в сложении донных и конечных морен. Степень глинистости последних может быть весьма различна, от небольшой примеси до резкого преобладания. Повидимому, лишь некоторая часть глинистого материала образуется механической работой ледника; значительная же часть представляет ранее образовавшиеся глины, лишь перемещенные ледником и отложенные им в новом месте. При перемыве глинистых морен ледниковыми и послеледниковыми водами образуются залежи флювиогляциальных и аллювиальных глин. Часто они отлагаются в небольших озерах на поверхности донных морен. Так как моренный материал обладает частицами самой разнообразной крупности, то обычно такие перетолженные ледниковые глины бывают заметно илистыми.

Разделение глин по крупности или окатанности частиц, а также по минералогическому или химическому составу не производится. Из числа прочих выделяются лишь чистые каолиновые глины. Обычно глины различаются по генезису, а также по содержащимся в них примесям: слоистые, илистые, песчанистые и пр. Цвет глин обычно серый различных оттенков, вплоть до белого. Примесь органических веществ придает им темную или черную окраску, соединения закиси железа и некото-

рые другие вещества — зеленоватую или синеватую. При переходе закиси железа в окись образуются глины бурого, красного и желтого цвета.

Роль глин в геологии россыпей весьма значительна. При отложении металлоносного пласта в условиях сильно глинистых наносов уже образовавшаяся его часть плотно заиливается глиною и в дальнейшем лишь с трудом поддается размыву. Тем самым создаются благоприятные условия, с одной стороны, для нарастания мощного металлоносного слоя, с другой стороны, для более равномерного распределения в нем металла, так как наличие глины препятствует обогащению металлом одних частей пласта за счет вымывания его из других. Перераспределение (осаждение) металла циркулирующими в аллювий водами в условиях глинистых наносов также становится невозможным.

Присутствие глин оказывает большое влияние и на гидрогеологию россыпей. Сильно глинистые слои аллювия являются водоупорными, и по их поверхности происходит сток подземных вод, часто приводя к образованию здесь горизонта пльвунов. Иногда присутствие глинистых прослоев влияет на образование наледей.

В техническом отношении глинистые грунты являются весьма неблагоприятными. В условиях почвенной мерзлоты примесь глины всегда понижает таякость грунта. Чистые глины в мерзлом состоянии так же труднотайки, как и ила. От илов они даже отличаются тем, что вследствие своей вязкости они значительно труднее проходятся на кайлу и труднее поддаются размыванию. В талом состоянии их вязкость также отражается неблагоприятно, так как они пристаю к инструменту, тем самым понижая производительность.

Но основное неудобство глинистых грунтов — это трудность их промывки. Вязкая глинистая масса размывается водою лишь с трудом, поэтому при промывке сильно глинистых металлоносных песков приходится вводить специальные механизмы или дополнительную рабочую силу для протирки песков — размельчения всех имеющихся в них комьев, скрепленных глиной. Но даже при этом не всегда удается добиться полного освобождения из них металла, тем более что комья глины обладают свойством закатывать в себя новый металл в самом процессе промывки. Поэтому, помимо сильного удорожания промывки, снос металла при сильно глинистых песках также увеличивается.

Расход воды на промывку сильно глинистых песков много больше, чем обычно. В процессе промывки вода становится очень мутной, что увеличивает снос мелкого, хотя бы и освобожденного из глины металла. В северных золотоносных районах, где зимою ощущается сильный недостаток воды, часто прибегают к промывке песков оборотной водою. В условиях глинистого состава песков такая операция становится невозможной, так как снос металла при этом настолько увеличивается, что оказывается выгоднее ограничиваться зимою лишь выгрузкой песков, откладывая их промывку на весеннее и летнее время. Таким образом, глинистый состав наносов, благоприятно отражаясь на распределении в россыпи металла, придает металлоносным пескам целый ряд отрицательных технических качеств.

В приисковом хозяйстве глины, кроме того, представляют сами по себе довольно ценное полезное ископаемое, необходимое для организации кирпичного производства. Все молодые золотоносные районы в первые годы своего развития обходятся исключительно железными печами: Последние, с одной стороны, пожирают в условиях субарктического климата колоссальное количество топлива; с другой стороны, требуют на свое изготовление очень много листового железа — материала неизменно и остро дефицитного во всех приисковых районах, а особенно в молодых. Наконец, в отношении чисто бытовых удобств железные печи стоят ниже

всякой критики. Поэтому организация кирпичного производства в новых золотоносных районах является чрезвычайно важной, а их потребность в глине очень острой.

Новые золотоносные районы крайнего северо-востока, расположенные в области регионального развития глинистых сланцев и песчаников, довольно бедны залежами глин. Показательно в этом отношении сравнение Колымского и Аллах-Юнского районов. В первом на шестой год его освоения на приисках еще не было кирпичных печей; во втором они появились в первый же год его освоения, а на второй год вытеснили железные печи везде, где можно. Это объясняется тем, что в Аллах-Юнском районе жилые пункты расположены вблизи пояса конечных морен с сопровождающими их переложенными глинами.

8. Растительные слои

К растительным слоям в широком смысле слова могут быть отнесены:

- 1) растительный покров современный и погребенный — мхи, травы, древесные и кустарниковые корни, пни, поваленные стволы деревьев и пр.;
- 2) скопление наносника поверхностного и погребенного;
- 3) скопления торфа и лигнита;
- 4) почвенный слой.

Характер растительного покрова зависит прежде всего от климатических условий, а также от состава отложений, на которых он развивается. В северных золотоносных районах верхние горизонты долинных отложений представлены или галечниками или илами. На галечниках, расположенных недалеке от русла, но уже не перемываемых, являющихся тальми и достаточно влажными, развивается довольно богатый растительный покров. Среди древесных пород преобладают тополь, многочисленные представители семейства ивовых и молодая поросль тонкой прямоствольной лиственницы; травянистый покров или незначительный или представлен довольно пышным пыреем. На галечниках, удаленных от русла, сохраняются преимущественно лиственница, кустарниковая береза (ерник, *Betula Middendorfi*), ягель (белый олений мох), иногда зеленый мох и пр.

Ила и песок на косах и в затопляемых протоках порастают кустами тальника и довольно жидким покровом луговых или болотных трав. Талые ила на вполне сформировавшихся островах и берегах, заливаемых высокими водами, обычно обладают весьма богатым растительным покровом. Громадная прямоствольная лиственница, тополь, береза, рябина, чермуха; местами густая поросль шиповника и красной смородины; обильный травяной покров с резким преобладанием высокого пырея — все это резко выделяет подобные участки по характеру растительности. Обилие бурелома делает их иногда трудно проходимыми.

На мерзлых илах обычно развиваются довольно мелкорослая витая лиственница, ерник и густой покров зеленого мха. В более южных районах иногда присутствуют ель и пихта. Коллювиальные ила, богатые щебнем и находящиеся к тому же в постоянном движении, а также каменистый коллювий неблагоприятны для развития растительного покрова. Поэтому на них обычно произрастают наименее прихотливые растения — кедровый сланник и ерник в сопровождении зеленого или оленьего мха.

Таким образом по характеру растительного покрова можно с известным приближением судить о составе верхних горизонтов долинных отложений и их состоянии (мерзлые, талые, водоносные). Впрочем в этом направлении делалось слишком мало наблюдений, чтобы можно было устанавливать какие-либо твердые закономерности. Растительный покров в свою очередь оказывает влияние на состояние грунта, преимущественно на глубину его летнего протаивания. Травянистый покров или тонкий по-

кров ягеля благоприятны для глубокого протаивания грунта; галечники под ними оттаивают в течение лета на глубину 2—2,5 м. Густой покров ягеля или зеленого мха вследствие своей малой теплопроводности делает оттаивание совершенно невозможным; даже в конце лета непосредственно под ним расположен мерзлый слой. Уничтожение мохового покрова приводит к оттаиванию грунта и развитию на нем травянистого покрова.

Погребенный растительный покров встречается довольно часто не только в тех случаях, когда имело место повторное накопление аллювия, но и при нормальном накоплении аллювиальных илов. Глубина его залегания измеряется несколькими метрами, бывая весьма значительной при повторном накоплении аллювия. Чаще всего он бывает представлен мхом, корнями и поваленными, полуистлевшими древесными стволами. При повторном накоплении аллювия этот растительный горизонт прекрасно отмечает прежний высотный уровень поверхности долины. Иногда он может представлять значительный палеогеографический интерес, заключая породы деревьев, в настоящее время отсутствующие или в данной долине или даже в целом районе.

Скопления наносника, т. е. нанесенных высокими водами древесных стволов, представляют в долинах горных рек весьма обычное явление. Обычно эти стволы лишены коры и ветвей, но в большинстве случаев сохраняют корневую систему, хотя и не полностью. Высокой водой они заносятся в самые разнообразные места — на берега, на косы, в протоки, а также в громадном количестве скопляются там, где во время разлива отсутствует течение. Особенно значительны бывают скопления наносника в боковых протоках, которые иногда совершенно им забиваются и вследствие этого отмирают. Они представляют беспорядочное нагромождение прихотливо переплетенных стволов, имеющее в высоту несколько метров; подобные скопления покрывают площадь, измеряемую десятками квадратных метров. Иногда скопления наносника не обладают большой высотой, но представляют многочисленные стволы деревьев, разбросанные на громадной площади в сотни и тысячи квадратных метров. При отложении среди них гальки и илов образуются скопления погребенного наносника.

Скопления торфа в долинных отложениях обычны, скопления лигнита редки и приурочены к более древним, третичным и постплиоценовым озерным отложениям, тогда как залежи торфа часто являются современными. Наиболее обычно образование торфа при зарастании озер-стариц; поэтому залежи его обладают сильно вытянутой формой и не очень большими размерами. Мощность подобных залежей достигает 2—3 м, ширина и длина зависят от прежней ширины русла и длины отмерших меандров. Еще меньших размеров залежи торфа, мощность которых измеряется дециметрами, могут возникать во всех сильно заболоченных участках долины, особенно на месте прежних протоков, отмерших без образования стариц.

Почвенный слой (на приисках «растительная земля») представляет собою скопление рыхлого землистого материала (песок, ил, суглинки, сусесь и пр.), в той или иной мере измененного растительным покровом. Обычно почвенный слой состоит из нескольких более тонких слоев, отличающихся друг от друга характером изменения и в связи с этим различными физическими и химическими свойствами. Наиболее верхний слой, залегающий непосредственно на поверхности, обычно бывает значительно обогащен органическими соединениями, благодаря чему обладает более темным (бурым, серым, черным) цветом. Мощность почвенного слоя довольно значительна (до 1 м и более) в условиях теплого климата и невелика в холодном климате, а при развитии почвенной мерзлоты ничтожна.

В отношении наименования некоторых слоев растительного происхождения следует сделать то же замечание, которое выше уже было сделано

для «песка» и «песков». Во избежание смешения совершенно различных понятий «торф» следует употреблять лишь в единственном числе, а «торфа» — только во множественном. «Почвенный слой» на приисках следует избегать называть просто «почвой», так как этот термин является синонимом «плотика»; но в последнем смысле «почвы» лучше избегать, употребляя термин «плотик», или в крайнем случае, говоря о «почве россыпи», но не просто о «почве». Моховой растительный покров как современный, так и погребенный, вместе с подстилающим его слоем торфа, если таковой присутствует, на приисках очень часто называют «тундрой»; этот термин опять-таки не надо смешивать с географическим понятием «тундра». Между прочим этот термин, унаследованный от русских, очень прочно укоренился в американской приисковой терминологии на Аляске.

При разведке и разработке россыпей не столько растительный покров вообще, сколько древесная растительность, а также слои торфа и лигнита могут иметь большое экономическое значение. Потребность приисков в топливе чрезвычайно велика, особенно при работе в вечной мерзлоте. Вокруг давно работающих приисков леса бывают вырублены на много километров. Поэтому густота лесного покрова в металлоносных долинах имеет громадное экономическое значение. Скопления поверхностного наносника и залежи торфа и лигнита также могут быть использованы на топливо. Погребенный наносник для этой цели годится далеко не всегда.

Большие скопления погребенного наносника могут служить значительной помехой при разведке и разработке россыпи. Особенно мешают они при механических способах разработки, когда их приходится разбирать вручную, что иногда бывает весьма затруднительно и довольно дорого обходится. Погребенный растительный покров, хотя бы и с древесными стволами, не составляет серьезной помехи, так как обычно стволы в нем бывают сильно истлевшими и легко рассыпаются на куски. Характер и развитие почвенного слоя имеют очень большое значение для сельскохозяйственного освоения металлоносных районов.

9. Коренные породы (плотик)

Коренные породы, залегающие в плотике аллювиальных отложений и связанные с ними иногда довольно постепенными переходами через слой элювия, во многих случаях оказывают заметное влияние на характер россыпи и в верхних частях сами содержат то или иное количество металла. По степени трещиноватости и легкости проходки они могут быть разбиты на три слоя.

1. Верхний слой коренных пород тесно связан с нижним слоем элювия, залегающим *in situ*. Он сильно трещиноват и отличается от элювия тем, что в нем отдельные куски породы еще не окончательно отделены друг от друга и для их разделения требуется некоторое напряжение. Обычно этот слой достаточно легко проходится на кайлу. На приисках он носит название «легко разборной скалы»; иногда аналогично нижнему слою элювия и к нему применяется термин «ребровик». Оба эти слоя переходят один в другой весьма постепенно, и граница между ними достаточно условна.

2. Средний слой коренных пород трещиноват значительно меньше и разбирается лишь с трудом. Для этой работы приходится применять лом или, чаще, клин и кувалду. Этот слой носит название «трудноразборной скалы».

3. Нижний слой коренных пород трещиноват настолько мало, что для его проходки требуется применение огневых или взрывных работ. На при-

исках он называется «неразборной» или «сливной скалой»; реже к нему применяют термин «почвенный утес».

Далеко не всегда в коренных породах плотика бывают представлены все три слоя. Иногда элювиальный слой лежит на трудноразборной скале, в редких случаях даже непосредственно на неразборной, в других случаях легкоразборная скала может сразу смениться неразборной. Последняя присутствует во всех случаях, но опять-таки не всегда до нее достигают разведочные и эксплуатационные работы, если металл проникает в плотик неглубоко, то работы могут останавливаться и на легкоразборной скале. При мощном развитии элювия они во многих случаях вообще не достигают коренных пород; чаще это бывает при дресвяном или глинистом, но не каменистом элювии. В этом случае установление плотика при разведочных работах, особенно буровых, является несколько затруднительным: встреченный работами дресвяный или глинисто-щебневый слой может оказаться как элювием плотика, так и ложным плотиком коллювиального характера.

С практической стороны является чрезвычайно важным содержание металла в трещинах плотика. При образовании россыпи металл может проникать по трещинам довольно глубоко в плотик, но все его содержание сосредоточено преимущественно в легкоразборном слое; трудноразборный слой редко обладает промышленным содержанием металла. С течением времени, по мере выветривания плотика, легкоразборный слой превращается в элювий, трудноразборный — в легкоразборный, а верхняя часть неразборного — в трудноразборный. Тем самым все слои плотика понижаются при уменьшении в них содержания металла. При легком разрушении плотика и долговременном выветривании вся его металлоносная часть превращается в элювий, а сам плотик становится совершенно немаллоносным. Вместе с тем мощность металлоносного элювиального слоя возрастает.

С другой стороны, по мере выветривания плотика, если только продукты выветривания не очень глинисты, может происходить дальнейшее проникновение металла вглубь плотика. Однако процесс этот протекает в ничтожных размерах и ни в коем случае не может компенсировать обеднения плотика металлом, вследствие его снижения. Подвижность металла в плотике в очень сильной степени зависит от количества и характера примазки. Как и в нижнем слое элювия, в плотике все трещины часто бывают плотно выполнены песчано-илисто-глинистой примазкой, в которой и содержится весь металл. Если примазки много и она сильно глиниста, то металл в плотике является совершенно неподвижным. Если примазка песчаная и ее немного, то металл может быть достаточно подвижным. Иногда в глинистых сланцах при отсутствии элювиальной примазки металл проникает значительно глубже, чем примазка аллювиального происхождения, в этом случае он является чрезвычайно подвижным.

Характер плотика может оказывать чрезвычайно большое влияние на распределение металла в россыпи. Это достаточно ясно из характеристики россыпей со сланцевым и известняковым плотиком (см. гл. XIV). Но и другие породы, выходя в плотике россыпи, оказывают влияние на распределение в ней металла. Задержка металла плотиком обусловлена, с одной стороны, неровностями в его поверхности, с другой — его трещиноватостью (следует, конечно, строго различать особенности плотика, существовавшие при образовании россыпи и возникшие впоследствии в результате его выветривания).

По своей способности к задерживанию металла все коренные породы могли бы быть разбиты на несколько групп или расположены в некоторый ряд, где каждая предыдущая порода является более благоприятной для улавливания металла, чем последующая. Породы, весьма благоприятные

для улавливания металла (например, глинистые сланцы или карстовые известняки с сильно изъеденной поверхностью), задерживают большую его часть еще в процессе его передвижения; поэтому аллювиальная часть металлоносного пласта содержит лишь незначительное количество металла. Породы средней благоприятности, обладающие умеренной трещиноватостью, задерживают при передвижении металла хотя и заметную, но обычно подчиненную его часть, и в аллювиальной части пласта сосредоточена значительная масса металла. Наконец, породы, неблагоприятные для улавливания металла, обладающие очень малой трещиноватостью или гладкой, скользкой поверхностью (например, змеевик), задерживают лишь ничтожное количество металла, и почти весь он сосредоточен в аллювиальной части пласта.

Если по длине россыпи неоднократно сменяются участки литологически различного плотика, то более богатыми являются те из них, которые благоприятнее для улавливания металла. При чередовании неправильно трещиноватых зеленокаменных пород с правильно трещиноватыми сланцами участки последних богаче, участки первых беднее. Но при чередовании зеленокаменных пород со змеевиками они более богаты, чем последние. Так как помимо характера трещиноватости большое значение имеет и ее направление, во многих случаях зависимость распределения металла от плотика является более сложной.

Так как в большинстве россыпей верхняя часть плотика является металлоносной, то она подлежит выработке наравне с собственно металлоносными песками. В давно работающих металлоносных районах такая «задирка» плотика производится всегда. В молодых же районах, избалованных богатым содержанием металла и хорошими заработками, часто и рабочие и надзор относятся к тщательной задирке плотика слишком небрежно. Это служит извечным предметом споров между разведчиками и эксплуатационниками.

С одной стороны, при разведке, вследствие неопытности шурфовщиков и небрежности надзора, происходит искусственное осаждение металла по трещинам плотика в самом процессе углубки шурфа. Тем самым разведочные данные показывают преувеличенную мощность металлоносных песков по сравнению с фактической. С другой стороны, при разработке россыпи металлоносный слой плотика вырабатывается далеко не всегда, особенно если он трудно разбирается; старатель, взяв наиболее богатую, аллювиальную часть пласта, стремится, пользуясь небрежностью или неопытностью надзора, увильнуть от основательной задиры плотика, выбатывая лишь самую верхнюю его часть; глубже уменшается и производительность труда и содержание металла. Поэтому во многих случаях плотик с промышленным содержанием металла не вырабатывается до конца, и заключенный в нем металл пропадает. Иногда это наблюдается даже при механической разработке россыпей.

В результате количество выработанного металла сильно расходится с запасом его, подсчитанным по разведочным данным. Эксплуатационники начинают обвинять разведчиков в неправильной разведке, разведчики эксплуатационников — в хищнической разработке, в то время как часто бывают виноваты и те и другие.

Поразительный случай имел место в Аллах-Юнском районе в 1935 г. Здесь некоторые участки русловой россыпи, имеющей плотик из глинистых сланцев, были отработаны с составлением соответствующих актов. Случайно обнаружилось, что в плотике отработанных участков содержится еще много металла; было поставлено переопробование и повторная выработка этих участков, которая дала еще много металла. В Кольмском районе в 1932 г. велась летняя шурфовочная разведка. Разведка не была закончена, но шурфы, добытые до плотика, промышленного

содержания металла не обнаружили. С наступлением зимнего сезона было решено в добытых шурфах взять еще задирку по плотике: при этом в некоторых из шурфов было обнаружено богатое золото.

Нам могут быть известны лишь те примеры, когда оставленный в плотике металл был впоследствии обнаружен. Случаи, когда этот металл так и остался погребенным отвалами, несомненно гораздо более многочисленны. Это заставляет с особой тщательностью подходить к выработке металлоносной части плотика как при разведке, так и при разработке россыпи.

10. Литологический состав металлоносного пласта

Из всего вышеизложенного ясно, что металл может содержаться преимущественно в трех категориях долинных отложений: в плотике, в его элювии и в галечниках. В соответствии с этим и старатели различают содержание металла «в почве», «в песках» и «в речниках». Металлоносным пескам они придают вполне определенный литологический смысл. Они понимают под ними скопления угловатого обломочного материала, состоящего преимущественно из щебня местных пород, иногда с примесью пород, принесенных течением. Часто в подчиненном количестве примешиваются окатанные валуны и галька. Все это цементируется песчано-глистым или песчано-глинистым цементом. Последний считается более благоприятным для богатства песков. Особенно ценится окристо-желтый или красноватый цвет глинистой примазки, такие пески считаются «красивыми» и особенно благонадежными.

Содержание в «песках» металла у старателей не считается обязательным признаком; поэтому нередко можно услышать, что в такой-то долине «песков нет, все золото в речниках» или, наоборот, что «красивые пески, а золота хоть бы знак». От подобного употребления термина «пески» безусловно следует воздерживаться, так как в техническом смысле «пески» — это весь промышленно металлоносный обломочный материал, каким бы литологическим характером он ни обладал. Но даже в этом смысле термин «пески» не является достаточно определенным. Верхняя металлоносная часть плотика обычно в понятие «пески» не включается и рассматривается именно как плотик; да и по самому смыслу слова коренная порода, конечно, никак не может считаться «песками». Однако при всех технических подсчетах (подсчет запасов металла, кубаж песков, отношения торфов к пескам и пр.) в понятие «песков» условно включается и металлоносная часть коренных пород.

Все же то обстоятельство, что старатели придают «пескам» вполне определенный литологический смысл, не является случайным, а указывает, что в громадном большинстве случаев литологический характер песков именно такой. Это элювиальный слой плотика как перемытый рекою с привносом в него хорошо окатанного материала, так и неперемытый. Наиболее богатым обычно бывает перемытый элювий в его нижней части, откуда содержание металла убывает и вверх и вниз; в большинстве случаев оно захватывает часть коренных пород и часть галечников; иногда даже максимальное содержание металла приходится или на плотик или на галечник, но не на элювиальный слой.

В большинстве случаев граница металлоносных песков не бывает резкой, и они постепенно переходят, с одной стороны, в неметаллоносный элювий или плотик, с другой — в неметаллоносный галечник. Большинство авторов, дающих описания литологических разрезов аллювиальных россыпей, отмечают эти постепенные переходы и условный характер границы между песками и торфами. Прекращение содержания металла обычно не сопровождается какими-либо изменениями в литологическом

характере пород. Иногда, наоборот, эти изменения бывают очень резкими. В большинстве случаев это наблюдается тогда, когда металлоносные пески в конце своего накопления подверглись частичному перемыыву с осажждением вниз металла, после чего началось накопление неметаллоносных галечников. При этом очень часто на границе песков и торфов присутствует слой, обогащенный валунами.

Давая описания литологических разрезов, большинство авторов неизменно делают одну и ту же логическую ошибку. Отмечая сами, что металлоносные пески не имеют определенного литологического содержания, они тем не менее вводят этот термин в литологические разрезы долинных отложений. Вследствие этого, с одной стороны, описание разреза получается неоднородным: часть его построена по литологическому признаку, часть — по признаку металлоносности. С другой стороны, подобные разрезы уже совершенно неприменимы к другим, неметаллоносным долинам того же района; в них термины «пески» и «торфа» не имеют уже никакого смысла. При построении и описании литологических разрезов отдельные пласты должны выделяться лишь по литологическим признакам, «пески» же и «торфа», как понятия отнюдь не литологические, в этих разрезах совершенно не должны употребляться. При описании литологического разреза можно попутно отмечать металлоносность тех или иных его пластов, а самое лучшее тотчас после литологического разреза давать разрез металлоносности долинных отложений.

Помимо металлоносности элювиального слоя, частично захватывающей плотик и галечники, последние иногда обладают и самостоятельной металлоносностью. Это бывает в тех случаях, когда плотик неблагоприятен для улавливания металла и главная его масса концентрируется в галечниках. В сложных россыпях верхние металлоносные горизонты бывают представлены исключительно галечниками. То же имеет место в россыпях озерных, дельтовых и косовых; в последних, кроме галечников, может быть металлоносным и речной песок, обычно более крупнозернистый.

Иногда металлы, даже в промышленных количествах, может встречаться в прослоях аллювиальной глины; аллювиальные ила лишь в исключительных случаях являются металлоносными. Так, например, в Колымском районе на глубине 4—5 м от поверхности (при общей мощности отложений в 14 м) был встречен металлоносный слой илов свыше 1 м мощностью, хотя и с непромышленным, но все же достаточно заметным содержанием золота. Коллювиальные ила, располагающиеся под выходом на склоне долины коренного месторождения, обычно бывают металлоносны, но чаще в непромышленных размерах.

11. Форма, размеры и соотношения пластов

Наиболее обычный разрез долинных отложений может быть представлен в следующем схематизированном виде (сверху вниз):

1. Коллювиальные и пролювиальные ила и глины, чистые или со щебнем, также включающие чисто щебневые прослои.

2. Аллювиальные ила, глины и песок.

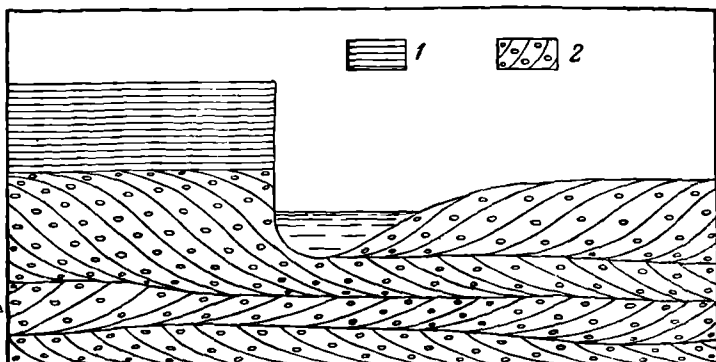
3. Галечники, иногда включающие валуны и валунные прослои.

4. Элювиальный слой перемытый, неперемытый и залегающий *in situ*.

5. Плотик легкоразборный, трудноразборный и сливной.

В таком схематизированном виде разрез долинных отложений в большинстве металлоносных районов является довольно постоянным; отдельные его горизонты лишь с небольшими перерывами или, чаще, перерывами могут быть прослежены по длине долин на десятки и сотни километров. Однако, если эти горизонты разбить на отдельные пласты по крупности слагающего их материала или иным литологическим признакам,

Так как процесс накопления аллювия сопровождается непрерывными боковыми перемещениями русла, то поверхности размыва в аллювиальных отложениях чрезвычайно многочисленны. Одной из них является плотик аллювия.

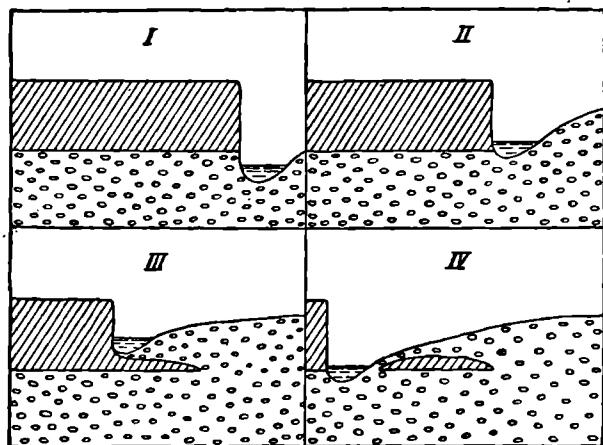


Фиг. 151. Поверхности размыва в русловом аллювии.

1 — ил; 2 — галечник.

Если вдоль поверхности размыва крупный материал налегает на более мелкий, то обычно граница между ними достаточно резкая; если, наоборот, мелкий материал налегает на более крупный, то граница может

быть расплывчатой при сравнительно постепенном переходе одного пласта в другой, обусловленном частичным перемывом нижнего пласта. То же может наблюдаться, если материал в обоих пластах одинаковой крупности и различия лишь своим составом или степенью окатанности. Такова, например, во многих случаях граница между элювиальным щебнем и галечником.



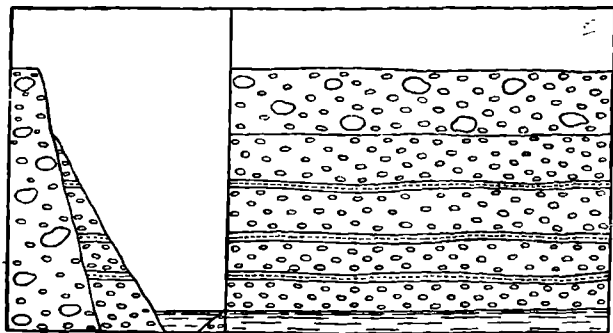
Фиг. 152. Образование линзы илов в галечнике при боковом размыве.

налегать на них по поверхности среза. Это бывает в тех случаях, когда масса верхней породы передвигается по нижней, обладая некоторой выпаживающей способностью, в результате чего верхний слой подстилающей породы может оказаться содранным. Таким способом обычно залегает поверх аллювия донная морена, а в некоторых случаях наблюдаются коллювиальные образования. При этом материал нижнего пласта может примешиваться к материалу верхнего. Под слоем донной морены, благодаря большому давлению ледника, верхняя часть аллювия может оказаться совершенно перемешанной без привноса или с привносом материала донной морены. Таким образом и при разграничении по поверхности среза граница двух пластов не обязательно должна быть очень

Породы, отлагающиеся поверх других без участия движущей силы воды, могут на-

резкой. В некоторых случаях как подстилающая, так и перекрывающая порода благодаря трению, развивающемуся на поверхности их соприкосновения, могут быть смяты вблизи нее в мелкие, но иногда крутые складочки. Последние наилучше проявляются в илистых и глинистых отложениях.

При боковом размыве помимо близкой к горизонтальной поверхности размыва возникает и близкая к вертикальной поверхность подмыва, т. е. крутая или даже отвесная боковая поверхность подмываемого берега. При повышении уровня русла и накоплении в нем наносов эта поверхность также может разграничивать различные пласты. В этом случае говорят, что более поздние пласты прилегают к более ранним или подходят к ним впритык. В долинных отложениях весьма обычны случаи прилегания аллювия к коренным породам (см. фиг. 52, 63 и др.). Случаи прилегания друг к другу пластов аллювия различного литологического состава также нередки. Если прилегающие пласты имеют одинаковый состав, то поверхность прилегания не всегда может быть обнаружена. В районах бывшего оледенения весьма обычно прилегание послеледникового аллювия к моренному материалу (фиг. 153). В этом случае, глядя от русла, при недостаточной внимательности можно счесть, что вся терраса сложена аллювием или даже что аллювий перекрывает донной мореной.



Фиг. 153. Прилегание послеледникового аллювия к донной морене (Аллах-Юнский район).

Если прилегающие пласты имеют одинаковый состав, то поверхность прилегания не всегда может быть обнаружена. В районах бывшего оледенения весьма обычно прилегание послеледникового аллювия к моренному материалу (фиг. 153). В этом случае, глядя от русла, при недостаточной внимательности можно счесть, что вся терраса сложена аллювием или даже что аллювий перекрывает донной мореной.

В некоторых случаях пласты прилегают друг к другу не по поверхности подмыва, а по денудационной поверхности, наклоненной или под углом естественного откоса или под более пологим. В последнем случае мы имеем непрерывные переходы от прилегания к налеганию. Особенно часты случаи прилегания по денудационной поверхности при погребении аллювием эпохи погружения склонов долин и террас (см. фиг. 93, 94, 96 и др.). Иногда два пласта, залегающие примерно на одном высотном уровне, примыкают друг к другу не по какой-либо определенной поверхности, а путем многократного взаимного переслаивания в области их соприкосновения. Часто так соприкасаются проловий с аллювием или различные пласты в толще самого аллювия (см. фиг. 147, 148).

Помимо соприкосновения пластов по более или менее резко выраженной поверхности, пласты различного состава могут постепенно переходить один в другой. Как отмечено выше, иногда такие переходы бывают обусловлены частичной переработкой более раннего пласта при отложении более позднего. Чаще же всего они объясняются постепенным изменением условий отложения. Так, например, когда в русле отлагается галечник, на косе вблизи русла может отлагаться гравий, в большем удалении от русла — песок и, наконец, в протоке за косой — ил. Так пласт галечника может совершенно постепенно переходить по ширине долины в пласт илов. Подобные же постепенные переходы возможны и по длине долины. Если русло испытывает боковое смещение, то вслед за ним смещаются и участки отложения материала определенной крупности. Этим может быть обусловлено постепенное, но иногда весьма значительное изменение круп-

то подобные пласты являются чрезвычайно непостоянными как по длине долины, так и по ее ширине. Они на коротких расстояниях сильно изменяют свою мощность, выклиниваются или постепенно переходят в пласты совершенно иного литологического характера.

Такое непостоянство отдельных пластов объясняется условиями их отложения. Русло занимает лишь незначительную часть ширины долины; в то время как в самом русле происходит отложение одного материала (галечник, валуны), на косах и в протоках может отлагаться материал иной крупности (песок, гравий). На затопляемых берегах в это же время будет отлагаться илистый или глинистый материал, а в бортовых частях долины — коллювиальный илесто-щебневой. В самом русле крупность материала, отлагающегося на плесах и перекатах, также может быть различной. С изменением положения русла или плесов и перекатов в нем меняются и места накопления различного материала. А так как изменения положения русла представляют обычное и неизбежное явление, то отсюда вытекает и непостоянство отлагающихся в нем пластов.

Аллювиальные речные пласты обычно представляют собою неправильные линзы, вытянутые в общем по длине долины; в отдельных участках они могут идти в любых направлениях, в зависимости от извилин русла в период их образования. Горизонтальные размеры этих линзообразных залежей зависят от размеров реки и тем больше, чем крупнее река. Наименее постоянны те пласты, которые отложены в русле и прирусловой зоне долины. Пласты, отложенные на затопляемых участках сформировавшихся берегов (но не кос), более постоянны по своему характеру и протяжению. Элювиальный слой является выдержанным при однообразном характере плотика, но может быть весьма изменчивым как по своему характеру, так и по мощности, если плотик сложен разнообразными породами.

Залежи коллювия весьма неправильны по своей форме, которая далеко не всегда приближается к пластообразной или линзообразной. В общем эти залежи очень сильно вытянуты вдоль долин при небольшой ширине, мощность их резко уменьшается от бортов долины к ее середине, благодаря чему они имеют сечение, приближающееся к треугольному. Часто от них по направлению к средней части долины отходят отдельные языки. Иногда материал коллювия бывает неоднородным, и тогда в нем можно выделить отдельные пластообразные, линзообразные или языкообразные залежи, обычно сложенные более каменистым материалом. Пролувий, смываемый со склонов, довольно однообразен по своему составу и не распадается на отдельные пласты; в конусах же выноса, наоборот, характерно чередование небольших линзообразных слоев песчаного, илистого и илесто-щебневого материала.

В озерно-дельтовых отложениях отдельные пласты весьма непостоянны и неправильны в песчано-галечном материале, отлагающемся на дельтовом конусе, и довольно постоянны в более мелком материале, отлагающемся в некотором удалении от устья реки. Горизонты моренных отложений обычно не распадаются на какие-либо пласты за исключением тех случаев, когда в донной морене встречаются пропластки отложений подледниковых вод или когда наблюдается чередование материала донной морены с флювиогляциальными отложениями. В последних отдельные пласты материала, различающегося своей крупностью, невыдержанные и обладают в общем линзообразной формой.

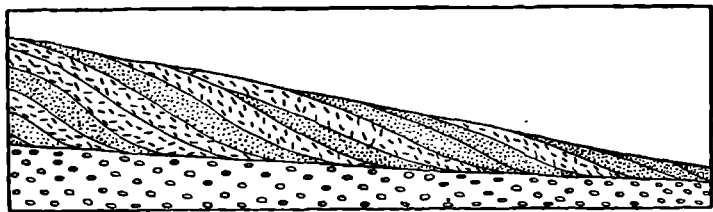
В полном соответствии с постоянством пластов находится и характер слоистости долинных отложений. По этому признаку все долинные отложения могут быть разбиты на три группы.

1. Отложения, образованные без участия воды (в жидком состоянии) или ветра как движущей силы. Сюда относятся моренные отложения,

коллювий и элювий. Слоистость или отсутствует или очень грубая, неправильная, неотчетливо выраженная.

2. Отложения, образованные путем переноса материала водой или ветром при помощи волочения и перекачивания. Сюда относятся речной галечник и песок, дельтовые песчано-галечные отложения, флювиогляциальные образования, пролювий всех видов, эоловый песок и пр. Обладают отчетливо выраженной, но весьма неправильной слоистостью, косой, перекрещивающейся и пр.

3. Отложения, образованные путем осаждения материала, находящегося во взвешенном состоянии в воде или в воздухе. Сюда относятся речные и озерные ила и глины, эоловый лёсс и пр. Обладают отчетливо выражен-



Фиг. 150. Кулисообразное расположение пластов в конусе выноса.

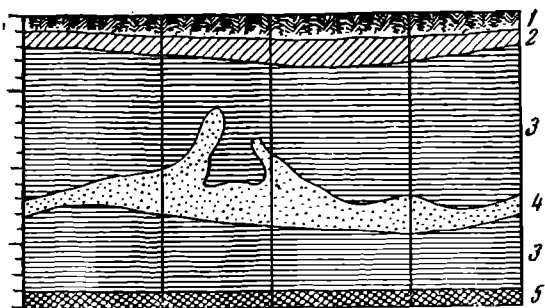
ной правильной слоистостью при периодических колебаниях скорости воды или ветра, а вместе с тем и крупности отлагающегося материала, и совершенно однородны, неслоисты, если такие колебания отсутствуют.

Пласты долинных отложений, образовавшиеся в самых разнообразных условиях и обладающие разнообразной формой, естественно, могут находиться друг с другом в весьма различных соотношениях. Нормальное наложение пластов друг на друга для долинных отложений не очень характерно; оно встречается в озерных отложениях, в отложениях затопляемых берегов, проток, стариц (ила, глины, торф). Во многих случаях коллювий и пролювий, а также флювиогляциальные отложения залегают нормально поверх аллювия. Кулисообразное залегание отдельных линзообразных пластов друг на друге весьма характерно для отложений флювиогляциальных, дельтовых, пролювиальных (фиг. 150).

Для отложений русла более характерно трансгрессивное наложение пластов друг на друга. Когда русло имеет боковые перемещения, то оно срезаёт отложения берега на некотором уровне. В результате возникает поверхность размыва горизонтальная, наклонная или, чаще, неправильно волнистая; на этой поверхности и происходит отложение русловых наносов. Так как слой аллювия, накапливающегося на выпуклом берегу, имеют некоторый уклон к руслу, то при последовательных перемещениях русла то вправо, то влево в процессе накопления наносов возникает перекрещивающаяся слоистость в пластах аллювия, разделенных между собою поверхностями размыва (фиг. 151). Эти пласты могут обладать как одинаковым, так и различным литологическим составом. В последнем случае поверхность размыва выступает гораздо отчетливее.

Пласт, размываемый руслом при его боковом перемещении, может быть или совершенно уничтожен или частично сохраниться. При волнообразной поверхности размыва вдоль нее могут сохраниться линзообразные остатки размываемого пласта (фиг. 152). Если даже пласт размыв полностью, то от него могут сохраниться наиболее крупные валуны, которые и расположатся на поверхности размыва (см. фиг. 141). Возникновение поверхности размыва с валунными прослоями может происходить не только при боковом, но и при глубинном размыве (см. фиг. 58 и 142).

ности материала по мощности пласта, т. е. по существу постепенный переход по вертикали от одного пласта к другому.



Фиг. 154. Зарисовка шурфа 4 л. 7 ключа Соснового в Алданском районе (по П. М. Шумилову).

1 — растительный слой; 2 — ил; 3 — тонкий песок; 4 — крупный песок; 5 — плотик.

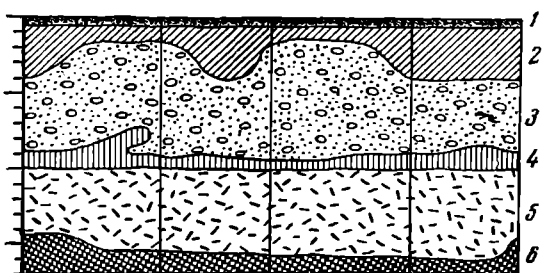
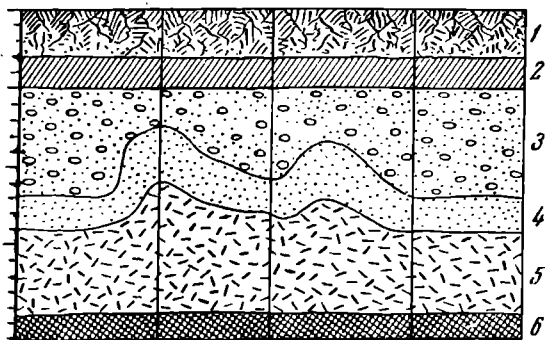


Рис. 155. Зарисовка шурфа 15 л. 4 ключа Тамарак в Алданском районе (по П. М. Шумилову).

1 — растительный слой; 2 — ил; 3 — глина с галькой; 4 — глина; 5 — элювиальный щебень известняка с глиной; 6 — известняковый плотик.



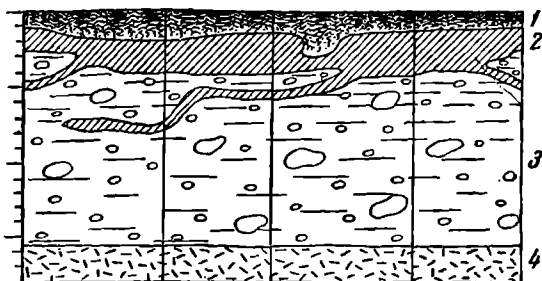
Фиг. 156. Зарисовка шурфа 5 л. 10 ключа Ленского в Алданском районе (по П. М. Шумилову).

1 — растительный слой; 2 — ил; 3 — глинистый песок с мелкой галькой; 4 — песок с галькой и щебёнкой; 5 — древесина и щебень гранита; 6 — гранитный плотик.

Какова бы ни была в общих чертах граница между двумя пластами: плоская — горизонтальная, наклонная или вертикальная, изогнутая, неправильно волнистая и т. д., она может обладать целым рядом деталей, зачастую придающих ей довольно неправильный характер. Большинство этих деталей обусловлено многократным чередованием процессов размыва и накопления и неправильным характером течения с избытком в нем разнообразно ориентированных завихрений. Эти детали заключаются в неправильном проникновении материала одного пласта в другой. Иногда нижний пласт образует совершенно неправильные выступы в верхний (фиг. 154), иногда, наоборот, материал верхнего пласта выполняет карманы в нижнем (фиг. 155). В некоторых случаях наблюдается, что верхняя граница пласта повторяет все неправильности, образуемые его нижней границей (фиг. 156), но обычно они имеют совершенно независимые очертания.

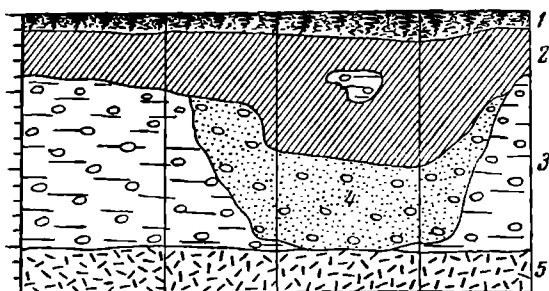
Часто из одного пласта в другой проникают неправильные, слепо оканчивающиеся пропластки (фиг. 157), а также трубообразные или гнездообразные залежи (фиг. 158). Последние очень легко возникают в случае прилегания одного пласта к другому при последующем размыве одного из них в некотором расстоянии от поверхности прилегания до самого основания. В общем детали соотношения различных пластов могут быть бесконечно

разнообразны, но все они весьма легко объясняются условиями накопления аллювия.



Фиг. 157 Зарисовка шурфа 4 л. 4 ключа Соснового в Алданском районе (по П. М. Шумилову).

1 — растительный слой; 2 — ил с растительными остатками; 3 — песчаная глина с галькой и валунами; 4 — дрова и щебень гранита.



Фиг. 158. Зарисовка шурфа 10 л. 4 ключа Соснового в Алданском районе (по П. М. Шумилову).

1 — растительный слой; 2 — ил с растительными остатками; 3 — желтый глинистый песок с галькой; 4 — серый глинистый песок с галькой; 5 — гранитная дрова.

12. Примеры литологических разрезов долинных отложений

Для иллюстрации всего сказанного о литологическом составе долинных отложений мы приведем наиболее характерные их разрезы для главных металлоносных районов Союза, разобрав некоторые из них более детально. Описания разрезов, по возможности, цитируются дословно с сохранением всей терминологии авторов и лишь с переводом русских мер в метрические. Где дословные цитаты невозможны, описания составлены возможно ближе к первоисточнику.

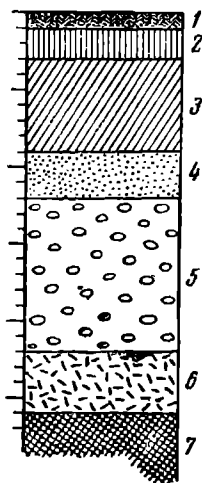
Для аллювиальных платиновых россыпей Урала Н. К. Высоцкий дает следующий разрез (сверху вниз) (фиг. 159, 160).

1. Растительный слой (около 0,20—0,35 м) или торф (появляющийся в плоских и широких частях рек и их притоков от 0,20 до 1,40—2,80 м толщиной).

2. Бурые суглинки — на склонах вторых террас лёссовидные, пористые, с вертикальной отдельностью, вниз же постепенно переходящие в песчанистую, нескиспающую с кислотой глину бурого, серого, желтовато- или красновато-бурого цвета; ниже эти песчаные глины переходят в более пластичную иловатую глину.

3. Иловатая глина синевато- или зеленовато-серого цвета; там же, где на поверхности залегает торф, бурые суглинки отсутствуют, так

что торф подстилается непосредственно синевато-серой глиной; толщина последней около 0,35—1,40 м; общая же мощность глин колеблется в пределах первой террасы больших рек от 0,35 до 4,20 м (большей же частью около 1—2 м), причем толщина глин увеличивается обыкновенно по направлению к отлогим склонам речной долины; на последних же (т. е. в увальных россыпях) мощность поверхностных глин достигает местами до 19—38 м; большей же частью колеблется около 3,5—10,0 м. В нижней части глин иногда наблюдаются слоистость и постепенный переход в глинистые пески.



Фиг. 159, 160. Литологическая колонка платиновых россыпей Урала.

- 1 — растительный слой.
- 2 — бурые суглинки;
- 3 — илопастая глина;
- 4 — глинистый песок;
- 5 — речники; 6 — платиносодержащие пески;
- 7 — плотик (мощности средние).

4. Глинистые пески тонко-, местами диагонально-слоистые, бурого, серого или зеленовато-серого цвета, обыкновенно грубозернистые с прослоями мелкого галечника, а реже и синей глины; некоторые прослои этих песков сцементированы бурой окисью железа; местами пески являются и в виде самостоятельного слоя (от 0,20 до 0,70—1,00 м мощностью), залегающего на границе глин и речников, причем граница с последними неровная, со следами перемыва.

5. Речники, т. е. слоистые галечники, состоят из окатанных, хорошо обмытых галек с примесью грубозернистого песка серого, зеленовато- или синевато-серого, местами охристо-бурого цвета; в более поверхностной части слоя они являются более мелкими и тонкослоистыми, а по направлению вниз размеры галек увеличиваются, например, от 2—4 до 10—20 см и более, т. е. до размеров валунов в 0,7—1,4 м; последние принадлежат большей частью к пироксенитам, габбро, амфиболитам, гнейсам, сланцам, кварцитам, пироксеновым порфиритам, известнякам. Мощность речников колеблется от 0,20 до 2—3 м, большей же частью около 0,70—1,40 м, причем наибольшей мощности они достигают в середине речных долин; ближе к береговым склонам толщина их слоя постепенно уменьшается, а в увальных россыпях они выклиниваются. Нижняя часть речников (около 0,10—0,20 м) более глиниста и со-

держит небольшие количества платины, вследствие чего граница их с ниже залегающими «песками» большей частью не резкая.

6. Платиносодержащие пески в аллювиальных россыпях представляют нижнюю часть речного галечникового наноса, отличаясь от речников главным образом тем, что проникнуты в значительно большей степени глинистыми и другими продуктами выветривания тех горных пород, которые слагают почву россыпи и которые река пересекала на своем пути выше данного места; в нижней части слоя песков примешивается обыкновенно также большее или меньшее количество остроугольных обломков почвы; в зависимости от преобладания последних или же, напротив, окатанных галек или, наконец, глинистого цемента различают пески: каменистые, речниковатые и глинистые. Речниковатые пески преобладают в более поверхностных частях слоя платиносодержащих песков, а также и в середине речной долины; в составе их, кроме крупных галек, принимает большее или меньшее участие грубозернистый глинистый песок темносерого, зеленовато-серого или темносиневато-серого цвета; песок этот является местами также и в виде гнезд и прослоев. Глинистые разновидности платиносодержащих песков развиты большей частью в тех частях, которые лежат ближе к отлогому склону речной долины, а также и в уваль-

ных россыпях. Наконец, каменистые пески состоят по преимуществу из остроугольных обломков разрушенной на месте почвы, вследствие чего граница их с поверхностной частью почвы, сильно расщеленной и пропукнутой глинистой платиносодержащей примазкой зеленого цвета, большей частью не резка; эту часть почвы задирают до глубины 0,20—0,70 м и более, до тех пор, пока не пойдет уже сплошной камень. Окраска платиносодержащих песков большей частью зеленая, зеленовато-серая или зеленовато-бурая, в зависимости от такого же цвета глинистых и иных продуктов механического и химического разрушения пород почвы, относящихся большей частью к числу зеленокаменных, вследствие чего и среди продуктов выветривания их много роговообманковых, хлоритовых и серпентиновых минералов.

7. Почвой россыпей служит поверхность каменных (хотя обыкновенно затронутых выветриванием) пород (глубинных, поверхностно-изверженных, осадочных и метаморфических сланцев), в которых постплюценовые реки промыли свое ложе. Форма последнего в долинах наиболее значительных рек является в виде плоской поверхности, в общем довольно ровной, в частности же на ней наблюдается много неровностей, зависящих как от сложения породы (массивного или сланцеватого), так и от большей или меньшей способности ее выщелачиваться: так, например, наибольшей неправильностью отличается поверхность известняковой почвы с многочисленными ямами и глубокими щелями вдоль трещин отдельности. Все такие неровности благоприятствуют обогащению нижней части наносов платиной и золотом; подобным же свойством обладают также и вообще каменистые и ребристые почвы, образованные: первые — массивными породами, разбитыми пересекающимися системами трещин отдельности, а вторые — ребровики — сланцами, пересекаемыми рекой вкрест простирания; на поверхности последних наблюдается также много углублений и выступов (соответствующих более прочным прослоям) в виде ребер, гряд и плоских бугров, поднимающихся местами до речников, а местами и до слоя поверхностных глин. В более редких случаях россыпи залегают на так называемой мягкой почве, вследствие более сильного разрушения пород в глинистую массу беловатого, синеvато-серого, зеленоvатого, розового и красноватого цвета.

Для Зейского района П. К. Яворовский дает весьма подробное описание литологического разреза (снизу вверх):

1. Внизу (почва россыпи) светлорубоватый элювий (дресва) гранита с более или менее обильным, но иногда и совсем отсутствующим количеством щебня той же породы. Мощности элювия значительно колеблется (от 0 до 0,5 м). Поверхность почвы неровная: она то поднимается (так называемые «кочки»), вытесняя пески, то представляет более или менее значительные углубления (здесь и пласт «западает»). Эти неровности трудно уловить прямым наблюдением, и они прослеживаются помощью пробной промывки соответственно взятых проб на золото.

2. Золотоносный пласт состоит из хорошо окатанных плоскокруглых или округлых не крупных галек и небольших валунов разнообразных пород гнейсовой толщи, среди которых значительную роль играют богатые кварцем породы (кварцитогайсы, частью, быть может, жильный кварц) и вообще породы более стойкие в отношении выветривания. Обломки эти довольно слабо связаны песчано-илисто-глинистым цементом (примазка), в котором значительная доля принадлежит гранитной дресве, происшедшей, как это изредка непосредственно можно проследить в совершенно свежем забое, от физического выветривания гранитных галек и валунов. Этим обстоятельством и следует объяснить относительно ничтожное количество обломков гранита в галечных отвалах, тогда как гравий (эфель) имеет почти исключительно гранитный состав. Ввиду этого

следует принять, что первоначально в составе галечника преобладание принадлежало гальке гранита. В собственно песчаном материале цемента, т. е. поступившем в россыпь, при самом ее образовании уже в мелкораздробленном виде, наибольшая доля также падает на долю обломков гранита.

Песчано-глинистая часть отложения чрезвычайно неоднородна, варьируя весьма значительно по относительному содержанию песка, ила и глины в рядом лежащих участках россыпи. Как общее правило, большим содержанием глины и потому большей вязкостью обладает та часть золотоносного пласта, которая непосредственно прилегает к нижней поверхности галек и валунов — это, собственно, так называемая «примазка»; она настолько крепко к ним прилегает, что даже после энергичной механической обработки как водой, так и ударами о ребра плужовых решеток некоторая часть примазки на многих из них все же остается (особенно в углублениях), составляя одну из причин сноса золота. В песчаном материале такой примазки замечается обилие песчинок удельно-тяжелых минералов, главным образом магнитного железняка и золота. Развитие примазки не стоит в какой-либо зависимости от материала гальки; вследствие этого, а также вследствие довольно редкой возможности наблюдения примазки около очень сильно выветрелых обломков гранита следует принять, что большая часть отдельных неправильных маленьких гнезд или прослоек песчаной глины (ила) в россыпи составляет примазку таких распавшихся в дресву обломков, а не самостоятельное образование.

Среди галечников изредка ясно различаются, впрочем, и самостоятельные неправильные тонкие песчано-илистые или, что реже, песчано-глинистые прослой. Они имеют вообще небольшое развитие, но в отдельных случаях получают довольно значительную мощность на небольшом протяжении, имея характер гнезд. Иногда такие гнезда состоят из чистой глины белого цвета. Подобные гнезда лежат, повидимому, всегда в рассматриваемой местности, как и в данном случае, в районе выходов побочных ключей, соответствуя периодам их ослабленной деятельности. Прослой почти всегда имеют более или менее значительный (до 20°) уклон в разные стороны. В редких случаях среди песков, кроме упомянутых прослоев, наблюдаются прослой растительной земли, состоящие из тонкого песка или ила с остатками перегнивших растений.

В пласте иногда находят обломки древесных стволов (повидимому, лиственницы), значительно перегнившие, распавшиеся на отдельные слои, промежутки между которыми плотно набиты тонким глинистым песком или илом. Промывка таких измельченных древесных остатков дает всегда довольно значительное количество мелкого шпиха (магнитный железняк), а нередко также и очень мелких тонкочешуйчатых золотинок. Заполнение этих стволов обломочным минеральным веществом имеет, повидимому, много общего с образованием примазки.

Цвет песков несколько изменяется в зависимости от цвета пород гальки и темнее, когда среди последней много темных биотитовых и роговообманковых пород. В общем он довольно светлого серого цвета, но темнее почвенного элювия. Мощность этого отложения от 1,3 до 1,5 м. Верхняя граница его определяется проблемами на золото, причем отложения со слабыми знаками относятся к торфам, а с хорошими знаками к пескам.

3. Над песками, связываясь с ними незаметными переходами, залегают торфа, отличающиеся в общей массе от предыдущего образования меньшей крупностью материала, притом довольно постепенно убывающей кверху.

Нижние горизонты торфов представляются подобно пескам более или менее глинистыми или илистыми песчано-галечниками, но уже с преобладанием песчаного материала. Нижняя поверхность их неровна, причем пустые или бедные металлом отложения иногда вдаются довольно глубоко

в массу песков, образуя так называемые «нажимы» торфов. Толщина этого нижнего горизонта торфов, отделяемого от собственно песков вполне искусственно, лишь в силу экономических соображений, колеблется в довольно широких пределах (от нуля почти до 1 м). Средние горизонты торфов представляют чередование мало в общем отличающихся друг от друга неправильных прослоев глинисто-песчаных (разной величины зерен песка) с илистыми и илисто-глинистыми, реже чисто глинистыми, содержащими иногда подчиненные слои галечников и растительной земли. Наконец, верхние горизонты имеют чисто глинистый или илисто-глинистый состав, почти не обнаруживают слоистости сами по себе, но количество неопределенных прослоев растительной земли в них возрастает, а сверх торфа прикрыты слоем землистого торфа (тундра). Более крупный материал торфов (песок, галька) происходит главным образом из гранита и мало окатан. В торфах нередко довольно крупные обломки и щебень гранита и гораздо реже пород гнейсовых.

Цвет торфов в общем серый, темнее песков; в верхних горизонтах он принимает еще более темный оттенок. Мощность этого отложения достигает 3 м.

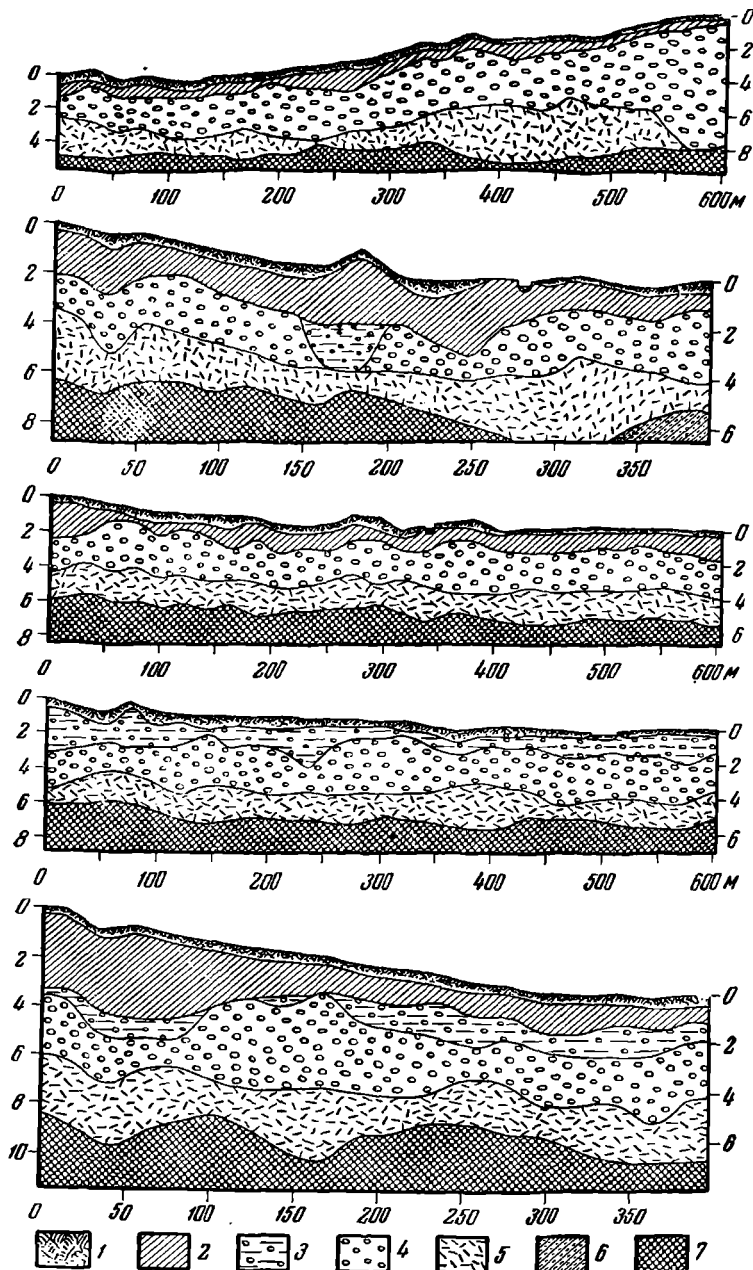
Для Амгуно-Кербинского района Э. Майер дает подробный литологический разрез (мощность в метрах) (фиг. 161):

Горные образования	В удалении от верхней котловины, в км						
	1	2	3	8	11	12	14
Растительный покров	0,20	0,35	0,35	0,35	0,85	0,50	0,90
Элювиальные глины	0,85	—	—	0,50	—	—	—
Глинистый шлам	—	—	—	—	0,85	1,40	3,50
Глинистый шлам с гальками	—	—	—	—	1,30	0,20	0,85
Речные гальки, щебень, песок . . .	1,05	2,30	2,65	2,85	0,80	3,15	2,75
Разрыхленные глинистые сланцы . .	0,55	1,05	0,85	2,45	2,10	1,25	2,10
Общая мощность наноса	2,65	3,70	3,85	6,15	5,90	6,50	10,10

Растительный покров образован большею частью мхом и отмершими болотными растениями; за ним книзу следует свал со склонов гор или глины большей или меньшей мощности, смотря по положению данного пункта в поперечном профиле долины. В верховьях рек и в долинах маленьких ключиков различие между этими элювиальными (коллювиальными.— Ю. Б.) продуктами и галькой с гравием невелико, так как здесь и на последних влияние переноса водой выражено слабо.

В среднем и главным образом нижнем течении книзу за этой щебенкой и глиной или же прямо под растительным слоем следует тонкозернистый ил без всякой примеси более грубых частей пород. Этот ил следует рассматривать как результат осаднения взвешенных в воде тонких частиц глины, осевших на залитых водою берегах реки. Ил достигает в нижнем течении рек весьма значительной мощности до 10 м, и там, где он находится в вечно мерзлом состоянии, содержит прослой чистого льда до 35 см толщиной. Ниже этого ила всегда идут слои того же ила с примесью гальки.

Следующий по порядку более глубокий слой складывается собственно речными валунами, щебенкой, галькой, песком, которые уже совершенно округлены, часто имеют утолщенную форму и обнаруживают некоторый порядок в распределении по направлению переноса. Напротив, в различ



Фиг. 161. Поперечные разрезы долинных отложений в Амгунском районе (по Э. Майеру).

1 — растительный слой; 2 — ил; 3 — ил с галькой; 4 — речники (щебень, гравий, песок); 5 — разрыхленные глинистые сланцы; 6 — обглинившиеся разрушенные сланцы; 7 — плотик.

ных толщах этой гальки вообще не обнаруживается сортировки по величине, а наоборот, гальки всевозможной величины неправильно перемешаны между собою. Сланцы вследствие своей способности раскалываться и легко выветриваться дают большую часть маленьких галечки, между тем как кварц часто попадает в виде больших округлых обломков.

В противоположность илисто-глинистым верхним слоям эти речники большей частью являются совершенно обмытыми, без примеси глины. Петрографический состав гальки полностью соответствует составу коренных пород данного района: филлиты, глинистые сланцы с более или менее частым кое-где кварцем и очень незначительной примесью спорадически рассеянных массивных пород диабазов, фельзитов и пр.

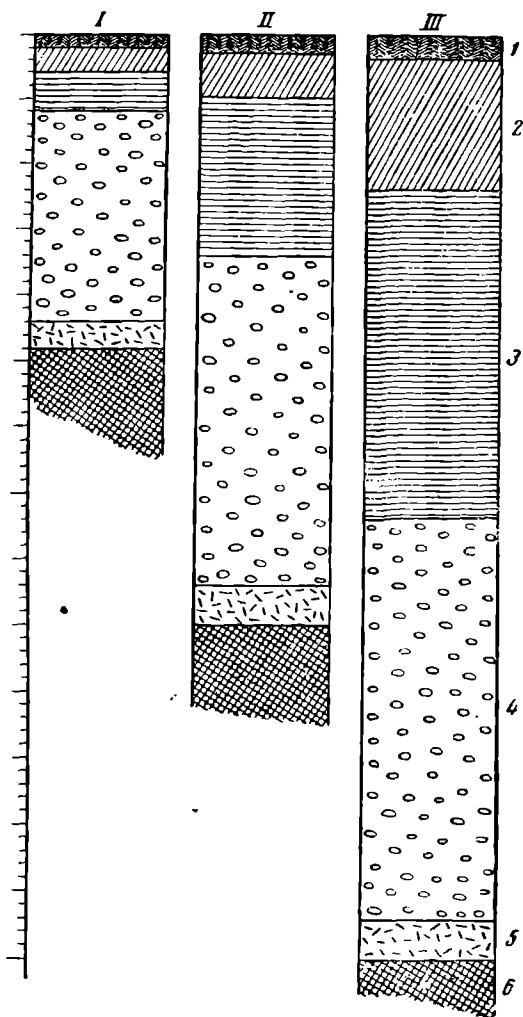
Книзу за этими речниками следует большей частью после постепенного перехода, реже, отделяясь резкой границей, слой, состоящий из угловатых кусков сланцев самой разнообразной величины. Эти сланцы или лежат неправильно по всем направлениям или же в их расположении можно подметить правильность, более или менее ясно соответствующую простиранию и падению сланцев, залегающих в постели, причем неправильное расположение большей частью господствует в верхних горизонтах, граничащих с речниками, между тем как внизу все более и более начинают выступать сланцы в коренном залегании, так что во многих местах вообще нельзя провести резкой границы между этим слоем сланцевых обломков и находящимися в коренном первичном залегании сланцами постели россыпи. Этот слой разрыхленных глинистых сланцев иногда отсутствует, что бывает, впрочем, очень редко, и тогда речники налегают прямо на коренные сланцы.

В золотоносном отношении наибольшее значение имеют разрыхленные сланцы и самые нижние горизонты собственно галечников, но в общем все горизонты аллювиальных отложений могут содержать и часто содержат золото. Изредка золото содержится в илах с галькой, и бывали случаи, что именно в этом слое находилась даже очень богатая часть россыпи. Местами, особенно в маленьких долинах, золото находимо было отдельными более крупными кусками прямо под растительным слоем. Различие между торфами и пластом имеет лишь экономически-техническое значение.

Первые следы золота появляются сначала спорадически в более высоких или низких горизонтах; несколько глубже золотоносность становится уже постоянной, но содержание золота все еще незначительно; содержание продолжает непрерывно возрастать вглубь, и наиболее богатые слои находятся в самых нижних слоях галечников, но гораздо чаще в слое разрушенных сланцев. В нижней части последнего слоя содержание золота большей частью опять убывает, так что наиболее богатое золото лежит не непосредственно на головах пластов коренных сланцев. Но вообще золотоносность продолжается книзу не только до голов этих пластов, но нередко далеко внутрь, между плоскостями напластования сланцев, где местами попадаются богатые гнезда. Но в промышленном отношении это золото, заключенное в плотике, имеет мало значения вследствие своего неправильного распределения.

При однородном петрографическом составе речных наносов и при постепенном обогащении содержания золота с глубиной нельзя провести резкой границы между пустыми и золотоносными слоями; глаз не может найти никаких определенных признаков для определения золотоносности по внешнему облику слоев. Только один единственный внешний признак имеется в россыпях для суждения о золотоносности, состоящий в том, что на кусках горных пород золотосодержащих частей россыпи всегда есть глинистая примазка, между тем как в чисто промытых отложениях галечников, без примеси глины, золота или совсем не бывает или же оно попадает в виде редких и слабых знаков. Эта примазка или держится в виде налета на кусках пород—на валунах или обломках разрушенного слоя сланцев, выполняя все углубления в них, или же местами она становится настолько мощной, что образует вязкую промежуточную массу между отдельными кусками пород. В отношении своего развития эта примазка обнаруживает то же явление постепенного возрастания книзу, как и

само золото, которое всегда заключено в нее и большую часть скрыто в ней от глаз наблюдателя. Золото никогда не лежит в сколько-нибудь значительном количестве, свободно рассеянным между промытыми валунами, не покрытыми глинистым налетом, но примазка может быть налицо, а золото в соответственных слоях не будет содержаться в достаточном для



Фиг. 162. Литологическая колонка долинных отложений Колымского района.

1 — растительный слой; 2 — коллювиальные ила; 3 — аллювиальные ила; 4 — галечники; 5 — элювиальный слой; 6 — плотик (мощности средние); I — низкие террасы; II — 12—15-метровые террасы; III — высокие террасы.

разработки количестве. Таким образом нахождение золота связано с этой примазкой, но не наоборот. Наличие примазки не обуславливает непременно золотоносности соответствующих слоев.

В Колымском районе обычный разрез долинных отложений сверху вниз таков (фиг. 162):

1. Растительный моховой покров — от 0,05 до 0,20—0,40 м. Под ним располагается очень тонкий (0,05—0,10 м) и далеко не всегда заметный почвенный слой. Иногда под моховым покровом располагается слой торфа; тогда общая мощность растительного слоя возрастает до

0,5—1 м. В долине кл. Юбилейного залежь торфа, вскрытая несколькими шурфами, имела мощность до 2,60 м.

2. Коллювиальные ила серого цвета с большим или меньшим содержанием угловатой щебенки глинистого сланца. Развита лишь в бортовых частях долин и на высоких террасах, а в очень узких долинах — и в их средней части. Мощность чаще всего 0,5—1,5 м, но в общем изменяется от нуля в средней части долин до многих метров в бортовых частях. Непосредственно у подножия склонов мощность иногда достигает 30 м.

3. Аллювиальные ила такого же серого цвета, иногда несколько глинистые. Местами, преимущественно в нижних частях, в них содержатся небольшие, неправильные пропластки и линзы серого песка. В нижних 0,10—0,30 м ила часто содержат небольшую примесь гальки, постепенно возрастающую книзу. При большой мощности илов в них довольно часто встречается погребенный растительный слой, иногда залегающий на глубине 6 м. Он представлен преимущественно моховым покровом и полустлевыми древесными стволами, среди которых обычно преобладает береза, даже в тех долинах, где она в настоящее время отсутствует совершенно. Мощность аллювиальных илов обычно заключается в пределах от 1 до 4 м. В некоторых долинах, и особенно на более высоких террасах, она достигает 8—10 м. Наоборот, на низких террасах, расположенных вблизи русла, ила благодаря частичному размыву часто имеют мощность всего лишь 0,20—0,40 м, а иногда отсутствуют совершенно.

4. Галечники обычно довольно темного серого цвета, состоят преимущественно из плоской, не очень крупной гальки черного глинистого сланца. В большинстве долин к ней примешивается то или иное количество более крупной и хуже окатанной гальки, булыжника и валунов триасовых туфов и туффилов серого и зеленовато-серого цвета. Более крупный материал часто располагается в галечнике отдельными слоями, но количество его, как и крупность материала вообще, возрастает книзу. Независимо в том или ином количестве присутствует галька кварца, и в очень многих долинах — галька светлых, зеленовато-серых жильных альбитовых порфиров. Так как большинство золотоносных долин расположено в удалении от гранитных массивов, то этим в них исчерпывается все разнообразие литологического состава гальки. В более крупных золотоносных долинах, а также в некоторых из небольших долин сюда примешивается то или иное количество гальки гранитов и роговиков, а в некоторых случаях и меловых эффузивов (базальты, долериты, липариты, их туфы, комендиты и пр.). В крупных долинах галька гранитов и роговиков, как прошедшая значительный путь, обычно хорошо округлена.

Галечники цементируются хорошо промытым грубозернистым песком темносерого цвета, состоящим преимущественно из обломочков глинистого сланца и в подчиненном количестве — кварца и других минералов и пород. По количественному соотношению с галечным материалом песок играет подчиненную роль, а в некоторых слоях примесь его ничтожна и даже почти отсутствует. Такие слои сушенцев обычно невелики по мощности и приурочены главным образом к верхним горизонтам галечников. По направлению книзу песок становится более илистым и самые галечники более плотными. В небольшом числе долин песок является более или менее глинистым. Вообще же галечники Колымского района являются хорошо промытыми. В нижних 0,10—0,20 м галечников встречается примесь угловатой щебенки глинистых сланцев плотика. Но обычно граница между галечниками и элювиальным слоем плотика достаточно явственная.

Мощность галечников нормально от 3 до 5 м. На более высоких террасах она достигает 6—7 м, а местами, возможно, и более, но эти террасы почти не разведывались. На ближайших к руслу террасах вследствие

размыва, а также в некоторых русловых россыпях мощность галечников во многих случаях измеряется лишь 1—2 м.

5. Элювиальный слой состоит подавляюще из угловатой не очень крупной щебенки глинистого сланца, слагающего повсеместно плотик россыпей. В небольшом количестве к щебенке примешивается песчано-илистый материал. В тех случаях, когда вышележащие галечники являются глинистыми, элювиальный слой также бывает сцементирован глинистой примазкой. Когда плотик сильно пиритизирован, элювиальный слой иногда бывает представлен очень вязкой голубовато-серой глиной. Мощность элювиального слоя обычно невелика (0,20—0,40 м), вероятно, вследствие довольно молодого возраста россыпей. В более древних россыпях и на высоких террасах она должна быть больше.

6. Плотик почти всегда представлен глинистыми или песчано-глинистыми сланцами, иногда содержащими подчиненные пласты туффитов или песчаников. Обычно на 0,20—0,60 м глинистые сланцы являются легкоразборными, постепенно переходя на глубину в трудноразборные. Граница с элювиальным слоем или расплывчатая или довольно явственная.

Общая мощность наносов в золотоносных долинах Колымского района чаще 4—5 м на более низких (наиболее молодых) уровнях, резко увеличиваясь до 8—9 м на уровне 12—15 м террасы и до 14 м на более высоких террасах.

Для характеристики долинных отложений Алданского района можно привести несколько разрезов по шуровочным линиям, зарисованных и описанных Н. И. Зайцевым в 1926—1927 гг.

1. Растительный слой (фиг. 163) представлен моховым покровом и небольшим почвенным слоем («растительная земля») обычно с корнями деревьев и пнями. Нижняя часть мохового покрова часто представляет собой слой землистого торфа; иногда мощность торфа увеличивается до 1,00—1,20 м и даже до 2,40 м. Довольно часты в растительном слое прослойки мелкого песка или ила коричневого цвета с растительными остатками. Весьма обычны угловатые коллювиальные глыбы гранита. Мощность растительного слоя обычно 0,40 м с довольно частыми отклонениями до 0,20 м в одну и 0,60—0,80 м в другую сторону.

Фиг. 163. Литологическая колонка долинных отложений в Алданском районе.

1 — растительный слой; 2 — коллювиальная глина; 3 — аллювиальные ила и песок; 4 — галечники; 5 — глинистый песок с галькой и щебнем; 6 — плотик (мощности средней).

2. Коллювиальная глина желтого цвета с примесью довольно редкой угловатой щебенки серого известняка и красного аляскитового гранита или только одного из них, в зависимости от состава пород, выходящих на склоне долины. Иногда, кроме щебенки, содержатся угловатые валуны тех же пород сечения $0,30 \times 0,30 \text{ м}^2$ до $0,40 \times 0,50 \text{ м}^2$ и даже $0,50 \times 0,80 \text{ м}^2$. Глина чаще совершенно неслоиста, но иногда, особенно в некотором удалении от склонов долины, слоистость проявляется вполне явно; повидимому, в этих случаях налицо переход к проловию. Иногда вместо глины присутствует неслоистый суглинок того же цвета. В местах особенно мощного развития коллювия глина в нижних своих горизонтах переходит в неслоистый желтый песок также со щебенкой и угловатыми глыбами известняка и гранита. Иногда в глине или заменяющих ее суглинках встречаются неправильные прослойки льда. Коллювиальные образова-

ния присутствуют лишь в бортовых частях долины, распространяясь от ее склонов на 40—60 м, иногда на 80 м. Мощность их на этом протяжении около 1—2 м, постепенно сходя на нет к средней части долины и резко увеличиваясь до 3—4 м к ее борту. Здесь они иногда лежат на плотике, совершенно вытесняя речные отложения.

3. Аллювиальные ила, хорошо слоистые, обычно коричневого, реже темножелтого, темносерого или серо-желтого цвета. Неизменно содержат растительные остатки, иногда в настолько значительном количестве, что, по существу, уже представляют переход к торфу. Древесные корни обычны, причем очень часто они располагаются по границе с нижележащим слоем галечников. Ила в большинстве случаев содержат в себе прослой хорошо слоистого аллювиального песка желтого цвета, иногда несколько илистого. Как количество, так и толщина этих прослоев весьма разнообразны, иногда они преобладают над илами, переходя в сплошные пласты желтого аллювиального песка, совершенно не содержащего прослоев ила. В общем коричневые ила и желтый песок играют в разрезе долинных отложений одинаковую роль; песок преобладает вблизи русла, ила в удалении от него. Чаще в прослойках песка, иногда непосредственно в коричневых илах, располагаются тонкие прослоечки и небольшие линзочки гравия.

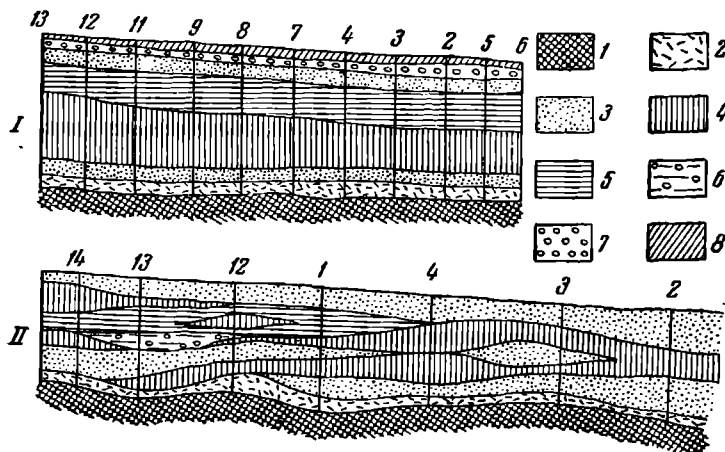
Изредка в горизонте аллювиальных илов, преимущественно в верхних его частях, встречаются прослой, содержащие щебенку и угловатые валуны известняка и красного гранита; сечение валунов достигает $0,30 \times 0,40 \text{ м}^2$, а в редких случаях даже до $0,70 \times 0,80 \text{ м}^2$. Эти прослой имеют коллювиальное происхождение; в свою очередь и коричневые ила иногда образуют прослой в покрывающем их горизонте желтой коллювиальной глины. Мощность горизонта аллювиальных коричневых илов и желтого песка обычно заключается в пределах от 1 до 2 м, иногда уменьшаясь до 0,40—0,60 м или возрастая до 2,60 м.

4. Галечники, обычно грубые, содержащие много булыжника и довольно значительное количество валунов, цементируются среднезернистым песком желтого или серо-желтого цвета и гравием. В составе булыжника и валунов преобладают серый известняк и красный аляскитовый или биотитовый гранит. Сечение валунов наичаще от $0,20 \times 0,30 \times$ до $0,30 \times 0,40 \text{ м}^2$, но иногда встречаются валуны до $0,40 \times 0,50$ и $0,50 \times 0,60 \text{ м}^2$. Многие валуны угловаты и, повидимому, обладают коллювиальным происхождением. Валуну в общем распределены в горизонте галечников довольно равномерно, но в нижних двух третях количество их обычно несколько увеличивается по сравнению с верхней третьей горизонта. Иногда валуны располагаются в толще галечника в виде прослоев.

В составе галечника, кроме известняка и гранита, принимают участие гнейсы, иногда амфиболиты, кварц, а также полнокристаллические, порфировидные и порфировые разности сиенитовых пород. Количество последних очень невелико в нижнем течении и значительно возрастает в верхнем, в области развития этих пород. Местами встречается в заметном количестве мелкая и средняя галька железняка. В расположении гальки заметна грубая, но явственная слоистость, в редких случаях слоистость отсутствует. Довольно часто в галечниках, преимущественно в верхних их частях, но иногда и в середине горизонта встречаются неправильные линзы и прослой гравия, прослой иловатого желто-серого песка и коричневого ила с растительными остатками. Мощность галечников варьирует в довольно широких пределах от 1 до 5 м, наичаще 2—4 м; в сравнительно редких случаях она увеличивается до 6—7 м. Иногда галечники выпадают из разреза совершенно, и тогда аллювиальные ила и песок или даже коллювиальная глина залегают непосредственно на нижележащем слое. Обычно это наблюдается в бортовых частях долин,

но в некоторых линиях галечники вообще развиты лишь на небольшой части ширины долины.

5. Песчаная глина, или глинистый песок серо-желтого, желтого или ржаво-желтого цвета цементирует полуугловатую и окатанную гальку, среднюю и крупную щебенку и валуны преимущественно гранита и известняка; другие породы встречаются в очень подчиненном количестве. Слоистость отсутствует, какой-либо правильности в расположении материала нет. Количество гальки убывает сверху вниз за счет возрастания количества щебенки. Внизу преобладают дресва и щебенка плотика, и слой совершенно постепенно переходит в элювий последнего, но в некоторых случаях граница между ними бывает отчетливая. Мощность этого слоя заключается в пределах от 1 до 3 м, чаще 1,5—2,5 м, но развит он далеко не повсеместно. В некоторых линиях



Фиг. 164. Продольные разрезы Еленевского (I) и Владимирского (II) приисков бассейна р. Накатами в Ленском районе (по В. А. Обручеву).

1 — плотик; 2 — элювиальный слой; 3 — галечник; 4 — валунная глина (меснина); 5 — ила с галькой; 6 — ила с валунами; 7 — валуны; 8 — растительный слой.

и отдельных их участках он отсутствует совершенно, и тогда галечники лежат непосредственно на плотике или его элювии. Этот слой приходится рассматривать как отложенный рекою в тот период, когда количество поступающего со склонов только-что углубленной V-образной долины угловатого коллювиального материала значительно превышало количество окатанной гальки, приносимой рекою сверху.

6. Плотик обычно представлен красным аляскитовым или биотитовым гранитом, превращенным в дресву и мелкую или крупную щебенку. Иногда непосредственно под нижним слоем наносов залегают плиты гранита с примазкой желтого глинистого песка по трещинам. Общая мощность долинных отложений чаще всего 6—7 м с довольно обычными отклонениями до 4 м в одну и до 9 м в другую сторону.

Долинные отложения Ленского района были изучены в 90-х и начале 900-х годов В. А. Обручевым. Накопление их происходило в течение весьма длительного периода, благодаря чему они представлены образованиями, весьма разнообразными по своему генезису и литологическому характеру. В. А. Обручев разделяет всю толщу наносов следующим образом (сверху вниз) (фиг. 164).

1. Современные отложения рек — грубые и мелкие галечники, песок, песчаные ила (редко).

2. Ледниковые образования: а) верхняя валунная глина, б) междуледниковые галечники, песок и тонкослоистые ила, преимущественно флювиогляциальные; прослой чистого льда и торфа с пнями деревьев; в) нижняя валунная глина и неслоистые ила; г) нижние валунные песок и галечники.

3. Доледниковый аллювий и элювий.

В отношении распространения и литологического характера отдельных горизонтов В. А. Обручев приводит следующие данные:

«Не во всех долинах и не во всех частях одной и той же долины полностью развиты все перечисленные горизонты; в низовьях и средней части течения рек обыкновенно отсутствует верхняя валунная глина, сохранившаяся чаще всего только кое-где на террасах, и часть междуледниковых отложений, а современные галечники лежат на уцелевшей части междуледниковых (в таком случае те и другие трудно точно разграничить), или на нижних валунных образованиях или прямо на доледниковых галечниках, или, наконец, на головах коренных пород, а уцелевшие в большей или меньшей степени от размыва толщи более древних наносов, прорезанные рекой, образуют одну, две и более продольных террас на одном или обоих берегах, поднимаемая более или менее высоко на склоны долины (в низовьях р. Бодайбо на высоту до 200 м над современным руслом, врезанным уже метров на 80 в коренные породы). Доледниковый аллювий залегает по тальвегу доледниковой долины и исчезает на ее склонах, за исключением мест, где сохранились еще более древние террасы размыва, на поверхности которых можно еще встретить уцелевшие от размыва остатки более древнего доледникового же речного галечника. В верховьях долин чаще сохранилась верхняя валунная глина, но междуледниковые отложения значительно уменьшаются в мощности и становятся менее разнообразными, более грубыми и неяснослоистыми».

«Как современные речные отложения, так и доледниковый аллювий и элювий не достигают значительной мощности, вообще не превышая 2—4 м, так что главную массу наносов образуют ледниковые отложения. Среди них верхняя валунная глина также имеет небольшую мощность в 2—5 м, тогда как мощность остальной части этой толщи измеряется часто десятками метров».

«Верхняя валунная глина или суглинок неслоиста, имеет серо-желтый, серый или буро-серый цвет и содержит валуны различных размеров и различной степени окатанности (вплоть до глыб со сглаженными только углами и ребрами), гальку, гравий, щебень, часто с ледниковой полировкой и изборозждением; внизу она местами переходит в иловатые галечники и слоистый ледниковый ил, под которыми иногда залегает слой растительных остатков — корней, пней и ветвей лиственницы, превратившихся в торф и доказывающих, что ледники последнего периода, наступая, уничтожали перед собою леса лиственницы, составляющей и теперь господствующее дерево в этой стране».

«Междуледниковые отложения состоят из слоистого песка различной крупности зерна с прослоями гравия и гальки, перемежающегося с более или менее грубыми галечниками; местами преобладают или исключительно развиты последние, местами же песок, который в таком случае чередуется со слоистыми песчаными илами; это отложения того времени, когда водные потоки отлагали на дне долин грубый и мелкий материал, получавшийся при размыве расположенных выше по долине конечных, основных и боковых морен отступавшего ледника. Местами среди галечников и песка вклиниваются чечевицеобразные массы валунной глины или суглинка, свидетельствующие о временных колебаниях нижней

границы ледников. Вверху и особенно внизу этой толщи нередко встречаются более тонкие, иногда очень нежные и тонкослоистые ила, совершенно чистые или с отдельной галькой, иногда даже глыбами, на которых имеются ледниковые шрамы и полировка; среди илов иногда попадаются прослой торфа, даже с пнями деревьев. Эти ила представляют, очевидно, отложения плотинных озер, существовавших местами среди конечных морен отступавшего ледника, в которые попадал только самый мелкий материал из подледниковых вод, а иногда и более грубый на льдинах, оторванных от ледника, которые постепенно заполнялись им, мелели, наконец превращались в болота и зарастали лесом, а потом иногда опять затоплялись водой и возобновлялись; среди таких тонкослоистых илов встречаются также прослой чистого льда, иногда многократно чередующиеся со слоями ила; очевидно, очень мелкое озеро зимой вымерзало до дна, весной лед покрывался водой, отлагавшей слой ила, предохранявший прослой льда от таяния, осенью вода опять замерзала и т. д.).

«Нижняя валунная глина, или суглинок, в общем похожа на верхнюю, но достигает большей мощности, до 10—12 м, также неслоиста и более или менее переполнена галькой, валунами и глыбами, распределенными в полном беспорядке и в положениях неустойчивого равновесия по всей массе или в известных слоях толщи; вверху, внизу или по простираению она иногда переходит в грубый ил, а также содержит неправильные прослой ила, песка, гравия, гальки; местами же нижняя валунная глина совершенно вытесняется тонкослоистыми чистыми или каменистыми илами — отложениями подледниковых озер. Она вообще подстилается грубыми, более или менее иловатыми галечниками и песками — флювиогляциальными отложениями наступавших впервые ледников, которые покрывают доледниковые речные галечники и элювий».

«Аллювиальные наносы современного образования состоят из более или менее грубых галечников с неправильными прослоями песка и гравия, залегающих или непосредственно на коренных породах дна долин или иногда на уцелевших остатках более древнего аллювия и элювия. Последний чаще можно встретить в террасах, попадающихся то на одном, то на другом берегу современной речки у подножия склона и достигающих иногда мощности в 6—8 м».

«По своему положению относительно поперечного профиля речной долины необходимо различать россыши долинные (глубокие) и русловые (мелкие), находящиеся вдоль тальвега, и увалы или террасовые — на древних продольных террасах размыва; последние возвышаются над первыми на несколько метров, иногда даже на 20—30 м. По возрасту различаются россыши доледниковые, покрытые толщей ледниковых наносов, которые могут быть как русловыми, так и террасовыми; затем междуледниковые, приуроченные к толще междуледниковых образований, и послеледниковые или современные, образовавшиеся уже после исчезновения ледников».

«Золотоносный пласт в россыях различного типа имеет различный характер; в доледниковых россыях, которые обыкновенно являются и глубокими, но местами, особенно в низовьях рек или на террасах, благодаря позднейшему смыву части покрывающих наносов могли очутиться и сравнительно близко от земной поверхности, золотоносный пласт в нижней трети (приблизительно) имеет характер элювия, в верхней — аллювия, а в средней представляет переход между тем и другим. В нижней трети он лишен слоистости и вообще сортировки мелких и крупных частиц; обломки коренных пород расположены в беспорядке, угловаты и шероховаты; коренные породы этих обломков и почвы (плотика) тождественны и одинаково разрушены с постепенными переходами от песчаника и сланца к супеску или суглинку, так что нередко большую глыбу,

вязкую из пласта, можно обламывать с поверхности руками, а мелкие обломки разламывать пополам. Совершенно ясно, что эта часть пласта представляет разрушенную на месте коренную породу, головы пластов почвы; местами в ней можно даже различить еще продолжения кварцевых прожилков, проходящих в почве. Верхняя треть пласта обыкновенно представляет галечник, более или менее грубый, более или менее ясно слоистый и с некоторой сортировкой материала, с цементом песчаным, песчано-глинистым или иловатым и с валунами или галькой горных пород, принесенных также издалека, например гранита. Средняя треть, переходная, сверху приближается к аллювию, внизу к элювию, содержит и угловатый, измененный материал из почвы, и гальку, принесенную течением сверху; цемент более вязкий, суглинистый, чем в верхней трети, слоистость заметна, но неправильна. Нередки чечевицы или прослои «кубика», т. е. окисленного серного колчедана, освободившегося из коренных пород и вымытого из нижней трети. Бывают прослои «ржавой» гальки, т. е. покрытой охрой и связанной охристым цементом, а также прослои, называемые горелыми, с галькой, словно покрытой сажей, в действительности же также какими-нибудь металлическими окислами.

«Почва глубоких россыпей, представляющая головы пластов коренных пород — различных песчаников, сланцев, известняков, кварцитов метаморфической, реже кристаллически-сланцевой свиты — обыкновенно неровная; пласты более твердых пород выдаются гребнями поперек, вдоль или наискось россыпи, а головы более мягких пород образуют желоба или впадины; сами пласты в большей или меньшей степени разрушены и изменены; они крошатся в дресву, распадаются на пластинки, листочки и на глубину нескольких дюймов от поверхности сделались охристо-бурыми или желтыми, вообще постепенно переходят в элювий нижней трети пласта».

«Кровлей глубоких россыпей являются или нижняя валунная глина (месника), или слоистый, ил, чистый или с валунами, или же нижне-валунные галечники и пески; в случае глины, песка или ила граница между кровлей и пластом резкая, а в случае галечника переход от бедных верхов пласта к пустой кровле постепенный. Эти породы кровли представляют уже низы торфов, состоящих из всей толщи ледниковых отложений или только части таковых. К бортам россыпи постепенно выклинивается между почвой и ледниковыми наносами или быстро вытесняется валунной глиной, илами, песками и т. п.»

«В россыпях мелких, вообще принадлежащих по происхождению к междуледниковым или современным, пласт представляет галечник, более или менее грубый, более или менее слоистый, с песчаным, глинистым или иловатым цементом, неправильными прослоями и чечевицами песка, гравия, иногда «кубика» и вообще является несомненно речным аллювием. Почва его или настоящая — в долинах, не подвергавшихся оледенению, и в долинах или участках долин, где ледниковые отложения уже размыты; в этих случаях пласт залегает на более или менее сглаженных головах коренных пород; или же почва ложная — обыкновенно в долинах, подвергавшихся оледенению, где пласт залегает на верхней, реже нижней валунной глине, на илах, чаще же всего на междуледниковых галечниках и в последнем случае трудно отличим от них. Иногда бывают два или несколько золотоносных прослоев, один над другим. В состав пласта мелких россыпей входят валуны и галька не только местных пород, слагающих склоны и почву долины в данном месте, но и принесенных издалека — с верховий этой долины. Кровлей является или растительная земля, или толща настоящего торфа, или галечники современные, а в междуледниковых россыпях — галечники, пески, ила междуледниковые. Иногда кровля отсутствует, и пласт, представляющий современный галечник в русле или косах реки, залегает у поверхности».

По своему мощному развитию и чрезвычайному своеобразию долинныя отложения Ленского района представляют громадный интерес и являются весьма поучительными. Поэтому на вопросе их происхождения следует несколько задержаться. В этом вопросе полного единодушия между геологами нет. Так, например, А. К. Мейстер совершенно отрицает широкое оледенение района и ледниковое происхождение его долинных отложений. Последние, по его мнению, являются типичными речными, озерными и коллювиальными образованиями, а заключенные в них валуны и галька гранита произошли из выходящих здесь же на возвышенностях даек гранита, совершенно скрытых мощным покровом элювия и потому ускользающих от наблюдения.

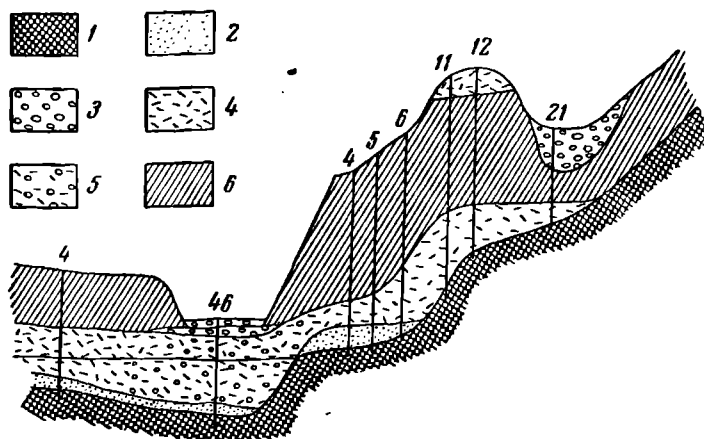
Гипотеза Мейстера была высказана еще в то время, когда широкое оледенение северо-востока Сибири не только отрицалось, но даже считалось вообще невозможным по климатическим условиям. В настоящее время, когда это широкое оледенение с несомненностью доказано для всей северо-восточной Сибири, странно было бы считать, что Ленский район является каким-то оазисом, не подвергавшимся оледенению. С другой стороны, связывать обильные валуны и гальку гранита, встречающиеся в долинных отложениях, с дайками гранита, ускользающими от наблюдения, является слишком большой натяжкой. Чтобы дать такую громадную массу обломочного материала в долины, дайки должны быть довольно многочисленны, а дайки гранита, залегающие среди менее устойчивых пород, всегда будут проявляться на поверхности в виде полосы обломков, как бы ни велика была мощность элювия. Наконец, изборожденность этих валунов достаточно убедительно говорит в пользу их ледникового происхождения. Таким образом для Ленского золотоносного района приходится допускать мощное покровное оледенение и ледниковый характер гранитных и других эрратических валунов, развитых в долинных отложениях и на поверхности многих возвышенностей.

Если внимательно проследить по работам В. А. Обручева и А. П. Герасимова распространение гранитного материала в вертикальном разрезе долинных отложений, то окажется, что он развит не только в ледниковых и более поздних образованиях, но и в доледниковых, иногда даже в весьма значительном количестве. Мало того, он присутствует и в еще более древнем террасовом аллювии, залегающем иногда на 15 м выше плотика долинных россыпей (прииск Рождественский); здесь же присутствуют и валуны местных песчаников с ледниковыми шрамами и полировкой. Таким образом, принимая ледниковое происхождение этих валунов, мы неизбежно должны принять наличие еще одного периода оледенения, имевшего место задолго до «доледникового» периода В. А. Обручева. Трехкратное повторение оледенения гораздо лучше согласуется с четвертичной историей других районов северо-востока, в большинстве из которых (Аллах-Юнский, Колымский, Ново-Сибирские о-ва и пр.) было три оледенения: первое — покровное, наиболее обширное, два последних — долинныя, значительно более скромные.

Второе и третье оледенения (соответственно первое и второе В. А. Обручева) имели место лишь в более высокогорных районах с высотами не менее 1500—1600 м, а местами даже и при таких высотах ледники не развивались (Аллах-Юнский район). Для того чтобы допустить, что Ленский район, обладающий значительно меньшими высотами и расположенный к тому же в сравнительно небольших широтах, подвергался в это время оледенению, надо обладать достаточно вескими основаниями. Таких оснований ни геоморфология района, ни строение его долинных отложений нам не дают.

Раз строение долинных отложений делает совершенно неизбежным принятие самого древнего, «доледникового» оледенения, то такие факты, как

развитие эрратических валунов, их ледниковая полировка и шрамы, наличие «бараньих лбов» и пр., совершенно свободно объясняются именно этим оледенением и никак не могут служить аргументами в пользу двух последующих оледенений. В приведенном выше разрезе долинных отложений обращает на себя внимание полное отсутствие пролювиальных и коллювиальных образований. Между тем, они пользуются громадным развитием во всех металлоносных районах, начиная Уралом и кончая Колымой. Предположить, что в Ленском районе, с его длительным периодом выветривания и денудации, эти образования совершенно отсутствуют, невозможно. Именно в нем они должны пользоваться гораздо большим развитием, чем в любом другом районе. Остается сделать вывод, что они



Фиг. 165. Залегание валунной глины на террасах прииска Рождественского (по В. А. Обручеву).

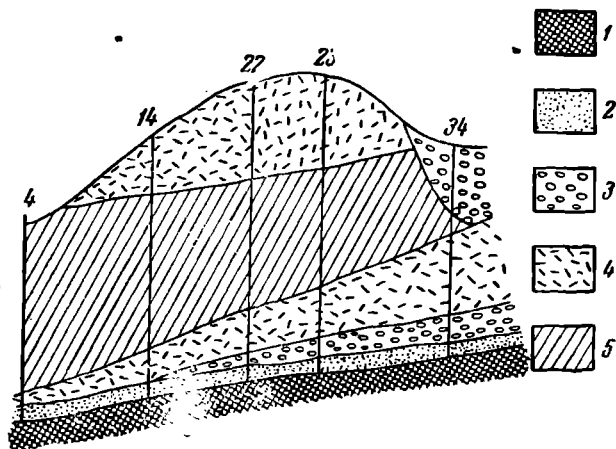
1 — плотик; 2 — аллювиальный слой; 3 — гальчаник; 4 — валунная глина; 5 — гальчаник с глиной; 6 — межледниковые ила и песок с галькой.

литологически неотличимы от описываемых В. А. Обручевым, как ледниковые, тем более, что валуны покровного оледенения, располагаясь на поверхности возвышенностей, неизбежно должны входить в состав коллювия.

Местами мы встречаем непосредственные указания на это. Так, например, В. А. Обручев, описывая разрез «Кавказ» прииска Рождественского, отмечает, что толща верхней морены лежит непосредственно на слое растительных остатков, «состоящем из мха, обломков истлевших стволов и ветвей березы и лиственницы (судя по сохранившейся коре); попадаются даже пни с корнями (молодых деревьев) в естественном положении». Невозможно предположить, чтобы надвигавшийся ледник, полировавший гранитные валуны и «бараньи лбы» и испещрявший их шрамами, мог оставить в целостности растительный покров, даже не выведя пни (молодых деревьев) из их естественного положения. Несомненно, это не морена, а коллювий. Для того же прииска В. А. Обручев дает разрез наносов (фиг. 165), из которого видно, что валунная глина (нижняя), залегающая на террасированном склоне, повторяет своей верхней границей все его изгибы. Опять-таки, это может быть только коллювий, но ни в коем случае не морена.

В качестве характерного признака для ледниковых долин района В. А. Обручев указывает их корытообразную форму. Следует отметить, что корытообразная форма характерна для ледниковых долин лишь тогда,

когда они не преобразованы последующей эрозионной деятельностью, т. е. когда их поверхность и является той самой поверхностью, по которой двигался ледник. Таким образом для Ленского района можно было бы говорить о троговой форме лишь тех долин, поверхность которых выстлана валунной глиной — нижней или верхней. Между тем, В. А. Обручев отмечает, что нижняя валунная глина везде погребена мощной толщей межледниковых отложений, а верхняя, за исключением небольших обрывков, почти полностью уничтожена послеледниковым размывом; вместе с тем, этот размыв неизбежно должен был уничтожить и троговую долину, создав вместо нее эрозионную. Эрозионная долина может иметь корытообразную форму лишь в том случае, если ее бортовые части заполнены коллювием, образующим вогнутый участок склона, плавно сопрягающий дно долины с ее коренными склонами.



Фиг. 166. Выклинивание валунной глины при выходе долины рч. Аканак-Накатами в широкую долину рч. Накатами (по В. А. Обручеву).

1 — плотик; 2 — элювиальный слой; 3 — галечник; 4 — валунная глина; 5 — межледниковые ила и песок с галькой.

материал в расширениях. Распространение валунных глин Ленского района именно в узких долинах и в бортовых частях и на террасах широких долин опять-таки показывает, что это коллювий, а не морены (фиг. 166). Тот факт, что мы повсюду встречаем только область ледникового отложения, но нигде не находим области ледникового выпаживания, откуда ледник мог бы черпать материал для своей донной морены, добавляет еще одно доказательство против ледникового происхождения валунных глин. Наконец, во всех без исключения районах северо-востока, подвергавшихся последнему долинному оледенению, следы его сохранились настолько четко, что не возбуждают абсолютно никаких сомнений; это оледенение закончилось настолько недавно, что все моренные формы рельефа не успели скольконибудь заметно преобразоваться водной эрозией. Совершенно непонятно, почему Ленский район, один из всех, представляет в этом отношении исключение и в нем эти формы успели уничтожиться полностью.

Таким образом мы не имеем ни одного доказательства в пользу моренного характера валунных глин и целый ряд доказательств против. Правильнее всего их считать коллювиальными образованиями, содержащими в своем составе значительное количество обломочного материала ледникового происхождения, отложенного на поверхности возвышенностей во время древнего, покровного оледенения. Признать же наличие в Ленском районе двух последующих долинных оледенений не имеется никаких оснований. Подобного рода коллювий пользуется повсеместным

распространением в Аллах-Юнском районе с той лишь разницей, что здесь, кроме покровного оледенения, весьма четко сохранились и следы последующих долинных; границы распространения отдельных оледенений прослеживаются настолько хорошо, что не остается никаких сомнений в том, что ледниковый материал коллювия связан именно с покровным, а не с долинными оледенениями.

Как известно, во время оледенения в долинах, не заполненных льдом, происходит мощное накопление коллювиальных и пролювиальных масс благодаря общему усилению выветривания и ослаблению эрозионной деятельности. Поэтому коллювиальные валунные глины Ленского района естественнее всего связывать с двумя периодами долинного оледенения. В то время как южнее Ленского района, в высокогорных хребтах Северного и Южно-Муйском, Удокане, Кодаре и пр. оба эти периода были ознаменованы развитием долинных ледников, следы которых сохранились чрезвычайно отчетливо, в самом Ленском районе эти периоды выразились лишь в накоплении мощных коллювиальных масс. Таким образом схема стратиграфического подразделения долинных отложений Ленского района, предложенная В. А. Обручевым, остается в полной силе, с той лишь разницей, что ледниковые отложения надо понимать не в смысле их происхождения, а лишь в смысле их возраста.

Что касается межледниковых отложений, то как при моренном, так и при коллювиальном толковании валунных глин генезис их остается совершенно одинаковым: это пролювиальные и озерно-речные отложения межледниковой эпохи, представлявшей собою эпоху некоторого оживления эрозионной деятельности. Но тот факт, что в это время накопилась столь мощная толща их, как в том, так и в другом варианте требует, чтобы Ленский район испытал в межледниковую эпоху значительное погружение, без которого накопление мощной толщи наносов было бы невозможно. Таким образом, лишь в сочетании гипотез А. К. Мейстера и В. А. Обручева находят себе объяснение все особенности строения и литологического состава наносов Ленского района.

Глава XXI

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ДОЛИННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

1. Общие данные о водном режиме долинных отложений

Водный режим долинных отложений может интересовать россыпника с трех точек зрения:

1. Циркуляция воды в долинных отложениях является мощным фактором последующего изменения россыпи и всей толщи наносов после их образования (выветривание, выщелачивание, вымывание, заиливание, осаждение металла и пр.).

2. Водный режим очень сильно влияет на технические свойства грунтов, с которыми приходится сталкиваться при разведке и разработке россыпей, а вместе с тем и на способы их проходки.

3. Водный режим наносов может сильно отражаться на многоводности текущего в долине потока, что во многих районах имеет очень большое значение, так как расход воды при разработке россыпей весьма велик.

В очень тесной связи с водным режимом наносов находится их термический режим, также оказывающий громадное влияние на технические свойства грунтов. Водный и термический режимы наносов находятся настолько в тесном взаимодействии друг с другом, что должны быть рассматриваемы одновременно. В приисковом деле принято различать три основных состояния грунта:

- 1) водные талики,
- 2) безводные или сухие талики,
- 3) мерзлота.

Водные талики и мерзлота могут быть представлены в довольно разнообразных формах. Грунтовая вода может быть застойной, не имея источника пополнения; она может находиться в движении, обладая свободной поверхностью, или быть напорной, будучи перекрыта водоупорным горизонтом. При благоприятном литологическом составе водоносного горизонта грунтовая вода может давать пливуны. Мерзлота иногда бывает сухой, и тогда она, кроме своей отрицательной температуры, ничем не разнится от безводного талика. Чаще мерзлый грунт бывает богат кристаллами и зернами льда, прочно цементирующими его в довольно слитную массу. Часто в мерзлом грунте встречаются неправильные прожилки льда, а иногда и довольно значительные его пласты. Сочетание водных таликов с мерзлотой часто приводит к развитию наледей.

С течением времени в связи с ходом эрозионной деятельности и изменением климатических условий состояние грунта может изменяться. Талый грунт может сделаться мерзлым, безводный талик — обводниться или наоборот. В верхних слоях долинных отложений изменения состояния грунта происходят ежегодно в связи со сменой времен года.

Источниками питания долинных отложений водою являются:

долины;

2) дождевые и снеговые воды, стекающие на поверхность долины с ее склонов и из боковых распадков;

3) грунтовые воды, стекающие со склонов долины в толще покрывающего их делювия;

4) грунтовые воды, вытекающие из боковых распадков и долин в толще выполняющих их наносов;

5) грунтовые воды глубокой циркуляции, выходящие в долинные отложения из толщи коренных пород;

6) непосредственная конденсация водяных паров воздуха, проникающего в толщу долинных отложений и циркулирующего в их порах;

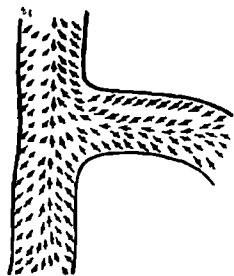
7) в некоторых случаях долинные отложения могут пополняться водою из протекающего по ним водного потока, однако такие случаи довольно редки и требуют специальных условий; обычно, наоборот, этот поток питается грунтовыми водами.

Вода, поступающая в долинные отложения с поверхности, под влиянием силы тяжести просачивается внутри них на глубину и накапливается на поверхности коренных пород, образуя здесь водоносный горизонт. В пределах этого горизонта все промежутки между обломочным материалом выполнены водою; верхняя поверхность горизонта представляет уровень грунтовых вод. Выше этого уровня наносы, хотя и смочены водою, но по существу не являются водоносными; в них присутствует лишь незначительное количество капиллярной воды и воды, просачивающейся по тонким путям циркуляции с поверхности. Главная масса промежутков между обломочным материалом здесь выполнена воздухом.

Таким образом при талом состоянии грунта вся толща долинных отложений выше уровня грунтовых вод представляет собой в приисковом смысле безводные талики. При развитии мерзлоты промерзание грунта происходит с поверхности; поэтому верхняя часть безводных таликов может превратиться в мерзлоту. При более глубоком промерзании безводные талики исчезают совершенно, а при еще более глубоком весь грунт оказывается мерзлым. Такова схема соотношения между водными и безводными таликами и мерзлотою. В действительности же эти соотношения, как увидим ниже, являются значительно более сложными.

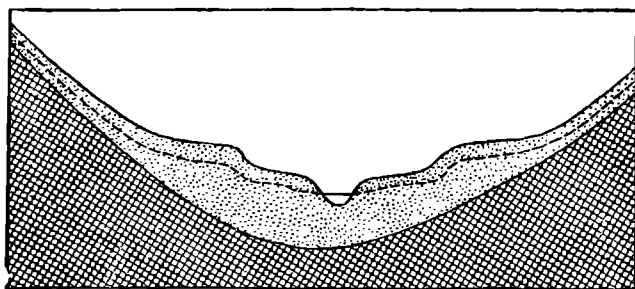
2. Водные талики

Уровень грунтовых вод подчиняется тем же законам, что и свободная водная поверхность: под влиянием силы тяжести он стремится стать горизонтальным. Однако это возможно лишь в том случае, если грунтовые воды не находятся в движении; если же они имеют сток в каком-либо направлении, то и уровень их обладает уклоном в этом же направлении. Так как грунтовые воды, двигаясь в толще обломочного материала, испытывают с его стороны значительное сопротивление, то уклон их уровня, необходимый для преодоления трения, может быть довольно велик. Движение грунтовых вод в долинных отложениях идет в двух направлениях: с одной стороны, от бортов долины к руслу реки и с другой стороны — вниз по долине (фиг. 167). В этом же направлении понижается и их уровень; наивысшие точки уровня расположены у берегов реки, где уровень грунтовых вод соединяется с уровнем воды в русле (фиг. 168).



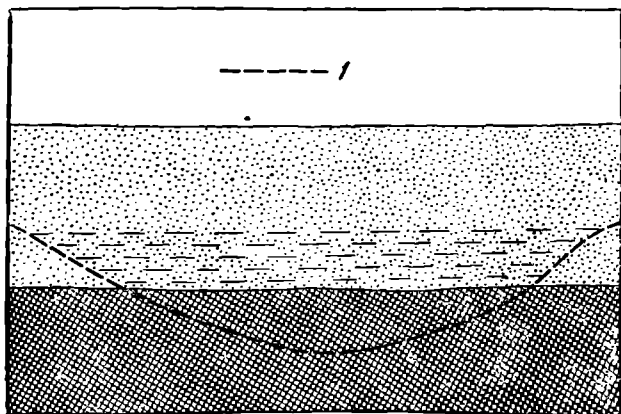
Фиг. 167. Движение грунтового потока в речных долинах.

По своему отношению к водоносности долинные отложения могут быть разбиты на водоупорные и водопроницаемые. Первыми могут быть коренные породы плотика, пласты, ливзы и даже очень тонкие прослойки глин или богатых глиной галечника, песка и пр. и, наконец, мерзлые горизонты любого литологического состава. Водоупорные горизонты, хотя и содержат в себе подчас значительное количество влаги, но не являются водоносными в обычном смысле этого слова. Водопроницаемые



Фиг. 168. Уровень грунтовых вод в поперечном сечении долины.

горизонты обычно представлены сильно пористыми отложениями: галечником, гравием, песком и пр., а также сильно трещиноватыми коренными породами: известняками, песчаниками и пр. Водопроницаемые горизонты



Фиг. 169. Ванна застойной грунтовой воды в долинных отложениях

I — верхняя граница мерзлоты.

могут быть или совершенно затоплены водою до самой кровли, или быть совершенно безводными, или же водоносными внизу и безводными сверху.

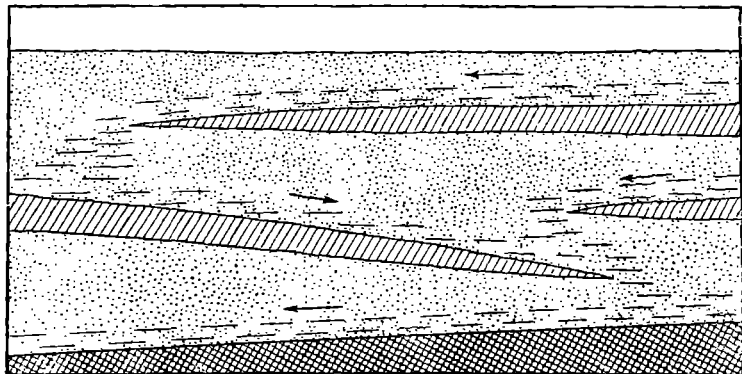
Водоупорные и водопроницаемые горизонты могут неоднократно чередоваться между собою в вертикальном разрезе долинных отложений. В плане они могут выдерживаться на более или менее значительном протяжении как по длине, так и по ширине долины, или же довольно быстро выклиниваться.

От их распределения, протяженности и формы сильно зависят распределение и характер водоносности в долинных отложениях.

Наиболее простой случай водоносности долинных отложений представляет застойная вода. Она скопляется в углублениях, «ваннах», на верхней поверхности водоупорных горизонтов. Дно и стенки такой ванны не обязательно должны быть сложены одной и той же породой. Так, например, дно может быть сложено коренными породами плотика, а стенки — глинистыми горизонтами или мерзлотой (фиг. 169). Запас воды в таких ваннах обычно невелик, и иногда она даже не мешает производству шурфовочных работ, так как по мере ее откачивания или отчерпывания уровень

де неизменно снижается. В более значительных по объему ваннах снижение уровня происходит настолько медленно, что предпочтительнее прибегать к проморозке шурфов или к буровым работам. Иногда такие ванны бывают и сверху перекрыты водоупорными породами; тогда они превращаются в совершенно замкнутые водоносные линзы.

Несколько более сложный случай представляет собой проточная грунтовая вода. Просачиваясь с поверхности и встречая на своем пути водоупорные горизонты, вода скапливается на их поверхности и стекает по их уклону, образуя водоносный горизонт. Дойдя до края водоупорного



Фиг. 170. Чередование водоносных и водоупорных горизонтов в разрезе долинных отложений.

горизонта, вода с него стекает, опять просачиваясь на глубину, до поверхности следующего водоупорного слоя. Таким образом в вертикальном разрезе долинных отложений может быть несколько водоносных горизонтов, каждый из которых должен обязательно подстилаться водоупорным (фиг. 170). Направление стока в каждом из водоносных горизонтов определяется уклоном и рельефом верхней поверхности подстилающего его водоупорного слоя; в некоторых водоносных горизонтах сток может даже быть направлен вверх по долине.

По ширине долины, как и в вертикальном разрезе, потоки грунтовых вод также не распределяются равномерно; они приурочены преимущественно к вытянутым по длине долины депрессиям в поверхности коренных пород или иных водоупорных горизонтов. Лишь при отсутствии таких депрессий движение грунтовых вод приближается к изображенному на фиг. 167, но в золотоносных районах это более редкий случай. В этих депрессиях как бы располагаются подземные русла, иногда тянущиеся на несколько километров примерно параллельно руслу реки, но в конце концов с ним сливающиеся. Такие подземные русла стягивают к себе грунтовые воды и перехватывают тот поток их, который направляется от бортов долины к руслу реки. Иногда они располагаются не только в пределах современной долины, но даже на довольно высоких речных террасах; в последнем случае они обычно выходят на поверхность в бортах, расщепляющих такие террасы распадков. Очень часто подземные русла приурочены к местам прежнего устойчивого положения русла реки, т. е. представляют не что иное, как занесенные аллювием старицы и протоки. Иногда они проявляются и на поверхности небольшими депрессиями микро-рельефа или большим развитием и большей влажностью мохового покрова. В других же случаях они на поверхности не проявляются совершенно и могут быть установлены лишь при проходке горных выработок.

Глава XV

ЛЕДНИКОВЫЕ И АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ РАЙОНОВ ОЛЕДЕНЕНИЯ

1. Общие данные о процессах оледенения

Процессы оледенения заключаются в том, что при определенных климатических условиях выпадающий на зиму снег не успевает стаять за лето и, накапливаясь из года в год, образует толщи значительной мощности. Это накопление происходит преимущественно в речных долинах и других углублениях рельефа, куда снег сдувается с возвышенностей ветром и перемещается лавинами и снежными обвалами. По мере накопления снега нижние его горизонты под давлением вышележащих масс превращаются сначала в зернистый лед — фирн, а затем в сплошной лед.

Под влиянием веса вышележащих масс снега и фирна, уклона долины и собственной пластичности этот лед начинает очень медленно течь вниз по долине, образуя долинный ледник. Пока ледник движется в пределах области, где снег не успевает за лето стаять и накапливается, он пополняется новыми количествами материала, — это область питания ледника. Как только ледник спускается ниже линии вечного снега, убыль его благодаря таянию уже превышает пополнение его новым материалом. Это область убыли или таяния ледника. Двигаясь в пределах ее, ледник постепенно уменьшается в мощности и, наконец, заканчивается. Крупные ледники могут очень далеко спускаться ниже снеговой линии.

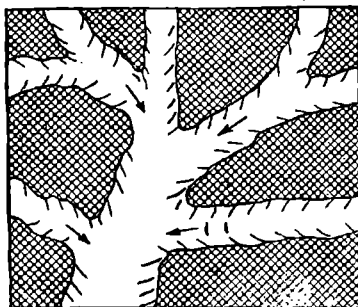
Если мощность льда настолько велика, что он не уместается в долинах, а покрывает и разделяющие их возвышенности, то образуется сплошной ледниковый покров. В настоящее время громадные массы покровного льда совершенно покрывают поверхность Гренландии и Антарктики. Этот тип оледенения называется покровным или гренландским. Долинные ледники также разделяются на несколько типов в зависимости от своей формы в плане. Сравнительно небольшие долинные ледники, выполняющие лишь верхние части речных долин, называются альпийскими (фиг. 106). Если длина их более значительна, несколько долинных ледников могут сливаться между собою, образуя древовидный ледник или ледник памирского типа (фиг. 107). Долинные ледники, питающиеся из одного не очень обширного ледникового покрова, от которого они растекаются в разные стороны, представляют скандинавский тип оледенения (фиг. 108).

Долинные ледники, выходя из высоких гор в область пониженного или равнинного рельефа, могут сливаться между собою своими нижними концами, образуя сплошное ледяное поле. Это ледники подножия или предгорные (фиг. 109). Если область предгорного ледника окажется приподнятой и край ее будет расчленен более глубоко врезанными речными долинами, то при нарастании оледенения эти долины также могут быть выполнены ледниками, питающимися от ледника подножия. Это колым-

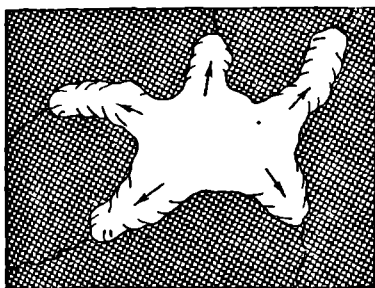
ский тип оледенения, представленный двумя ярусами долин-
ков с разделяющим их ледником подножия (фиг. 110).



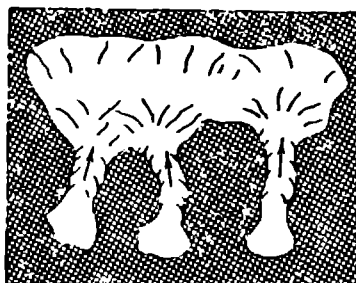
Фиг. 106. Альпийские ледники.



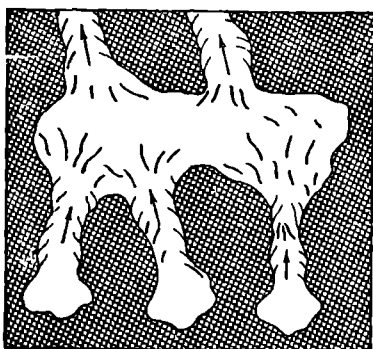
Фиг. 107. Древоидный тип ледника.



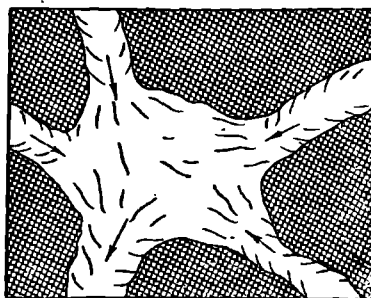
Фиг. 108. Скандинавский тип оледенения.



Фиг. 109. Ледник подножия.



Фиг. 110. Ледник колымского типа.



Фиг. 111. Котловинный ледник.

На Памире наблюдались своеобразные котловинные ледники, образующиеся в замкнутых горных котловинах, куда с разных сторон стекаются многочисленные долин-ные ледники, сливающиеся на дне котловины в один сплошной ледяной покров. Похожие котловинные ледники пользо-вались развитием во время четвертичного оледенения в бассейнах рек Кольмы, Юдомы и др., с той разницей, что эти ледники образовались не в замкнутых котловинах, но имели сток через одну из долин (фиг. 111).

Расход воды в подземных потоках определяется их поперечным сечением и скоростью движения воды. Сечение самого водного потока зависит от сечения водоносного горизонта и его пористости. В более крупном материале пористость составляет около $\frac{1}{3}$ (0,36), в более мелком — значительно уменьшается. Материал одинаковой крупности обладает большей пористостью, чем разнородный. Чем больше пористость аллювия, тем быстрее в нем движение воды и тем меньше при одинаковом ее расходе мощность водоносного слоя. Быстрое движение воды содействует интенсивному вымыванию мелкого материала, что еще более увеличивает пористость аллювия и скорость движения воды в нем. Последняя бывает довольно различна, но чаще измеряется несколькими метрами в сутки.

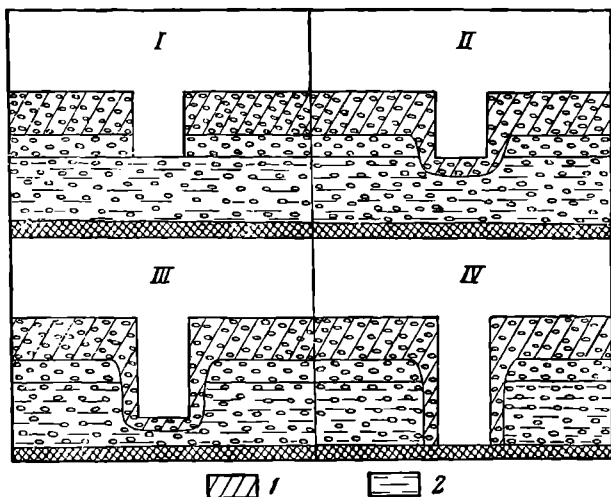
При шурфовочной разведке водоносные горизонты часто служат значительным препятствием. Проточная грунтовая вода, хотя и поддается водоотливу, но в отличие от застойной имеет тенденцию вновь подниматься в шурфе до своего первоначального уровня; поэтому борьба с ней, конечно, труднее, чем с застойной. При большом притоке воды откачка, а тем более отчерпывание воды из шурфа становится невозможным, и приходится прибегать к проморозке шурфа или к замене шурфовки бурением. В условиях развития вечной мерзлоты водоносность долинных отложений обычно незначительна. Она представлена потоком воды, текущей в галечниках непосредственно под руслом реки, и строго локализованными потоками грунтовой воды на месте прежних стариц и проток; последние потоки присутствуют далеко не всегда. Кроме того, по поверхности мерзлого слоя всегда сочится вода, как просачивающаяся сверху, — так и получающаяся в результате оттаивания мерзлоты. Мощность этого водоносного слоя очень невелика — 0,05—0,10 м, и лишь там, где неравномерное протаивание мерзлоты приводит к образованию на ее поверхности ложбин, в последних скапливается грунтовая вода до 0,20—0,40 м мощностью.

Вода, скапливающаяся поверх мерзлоты, не служит большим препятствием при зимней шурфовке как по малой мощности водоносного слоя и небольшому притоку воды, так и потому, что она встречается только с осени, и уже в первой половине зимы промерзает. С этой водой приходится сталкиваться при ранней зарезке шурфов с осени; перед посадкой на мерзлоту они обыкновенно проходят толстый водоносный слой, который в большинстве случаев не приостанавливает производство работ, и лишь при более заметном притоке воды бывает выгоднее ненадолго приостановить углубку, чтобы дать воде вымерзнуть. При летней шурфовке, наоборот, эта вода может служить большой помехой. Если верхний слой долинных отложений является труднотайким (ил, глина), то он оттаивает на незначительную глубину. Вода, стекающая по поверхности такого слоя, равно как и по поверхности долины, носит название верховой. Для предохранения шурфа от верховой воды достаточно окопать его канавой, которая врезалась бы в водоупорный горизонт. Тем самым доступ верховой воды в шурф будет совершенно прекращен.

Если же верхний слой является легкотайким (галечник, хорошо промытый песок), то проведение канавы почти бесполезно: горизонт мерзлоты с покрывающим его водоносным слоем очень быстро опускается ниже дна канавы, и последняя уже не может выполнять своего назначения. В этих условиях ведение летней шурфовки весьма затруднительно и вряд ли рационально. На труднотайких грунтах обыкновенно развивается густой моховой покров, приводящий к заболачиванию местности; легкотайкие грунты слагают сухие участки долин, поросшие травой, ягодником или редким ягелем. Поэтому получается на первый взгляд парадоксальное явление: в условиях вечной мерзлоты летняя шурфовка легко выполняема в болотистых участках долин и трудно выполняема в сухих участ-

ках. При этом следует, конечно, различать болота, развивающиеся на мерзлоте и на водных таликах.

Для проходки шурфов через водоносные горизонты или через слой речной или озерной воды прибегают к их проморозке. Когда шурф садится на водоносный горизонт, его оставляют на некоторое время промерзать, тщательно очищая от снега. Когда вокруг шурфа водоносный горизонт на некоторую глубину промерзнет, шурф немного углубляют при помощи пожога и вновь дают ему промерзнуть. Чередую промерзание шурфа с небольшим углублением его пожогами, проходят водоносный горизонт без особого труда и без больших затрат (фиг. 171). Таким же способом можно



Фиг. 171. Проходка водоносного горизонта промораживанием.

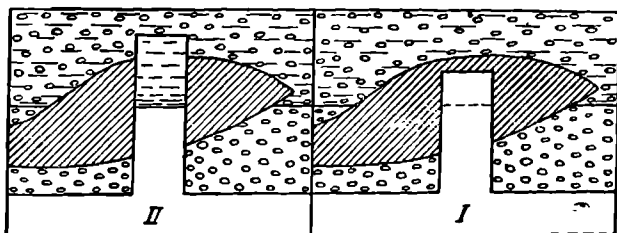
1 — мерзлота; 2 — водоносный талик.

проходить шурфы в русле реки, в старицах, озерах и пр. Необходимым условием для проморозки являются достаточно сильные морозы зимой. При мягкой зиме проморозка невозможна, и бурение всегда выгоднее, чем шурфовка с водоотливом.

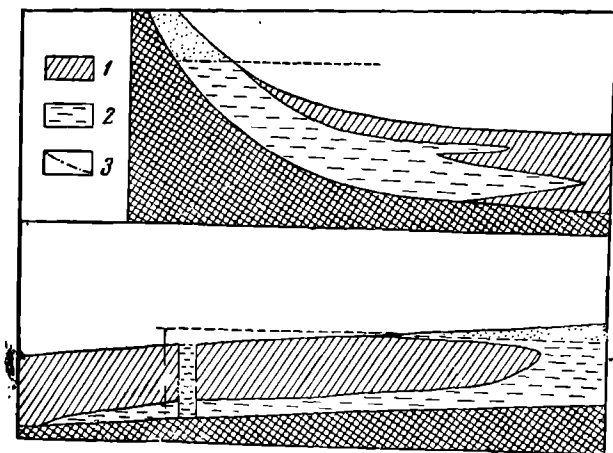
В некоторых долинах даже при суровой зиме проморозка бывает невозможна. Это сильно заболоченные долины, расположенные в водных таликах (незамерзающие мари) с большим притоком теплых грунтовых вод, выходящих из коренных пород. Таковы, например, многие долины Алданского района, получающие громадное количество теплых карстовых вод: Томмот (Усмун), Большая и Малая Юхта и др. Благодаря большому притоку воды и ее несколько повышенной против обычной температуре, шурфы в таких долинах промерзают настолько медленно, что в течение зимы не представляется возможным пройти весь водоносный горизонт, тем более, что мощность его обычно достаточно велика. Водоотлив в подобных условиях не только чересчур дорог, но и бесполезен, и единственным способом разведки остается бурение.

При разработке россыпей водные талики в некоторых случаях также представляют большое неудобство. При открытых работах эксплуатационный участок осушается капитальной канавой и потому величина притока воды не играет большой роли. При дражных или гидравлических разработках водные талики скорее являются даже благоприятным фактором. При подземной разработке россыпей водоносность долинных отложений

является весьма вредной; приходится прибегать или к проходке осушительных водоотводных штолен, что возможно далеко не всегда, или к водоотливу. Чем больше приток воды, тем дороже обходится водоотлив; в Ленском золотоносном районе до начала мировой войны 1914—1918 гг. некоторые шахты были брошены, несмотря на богатое содержание золота, так как приток воды в них был настолько велик, что водоотлив обходился до 700 руб. в сутки.



Фиг. 172. Напорная вода на нижней поверхности водоупорной линзы.



Фиг. 173. Напорная грунтовая вода в поперечном и продольном профиле долины.

1 — водоупорные слои; 2 — водоносные слои; 3 — уровень грунтовых вод.

Напорная грунтовая вода возникает в тех случаях, когда водопроницаемый горизонт до самой кровли выполнен водою, причем повышению ее уровня препятствует слагающий кровлю водоупорный слой. Если последний будет пройден шурфом или иной горной выработкой, то вода в шурфе поднимается на ту или иную высоту, которой и измеряется ее напор. Наиболее простой пример напорной воды мы имеем в том случае, когда водоупорный слой опускается своей нижней границей ниже уровня грунтовых вод (фиг. 172). На нижней поверхности водоупорного слоя вода является напорной и поднимается в шурфе до уровня грунтовых вод. Вокруг шурфа,

проходимого на проморозку, вода также является напорной.

Если водоносный слой перекрыт водоупорным на значительном протяжении, то в ней может создаться большой напор воды благодаря его уклону вдоль долины или от бортов к руслу. Если водоносный слой вниз по уклону замыкается (выклинивается) или сток по нему затруднен, то напор может достигать очень большой величины. Такое замыкание или сужение водоносного слоя в северных районах часто бывает связано с зимним промерзанием долинных отложений (фиг. 173). При большом напоре в шурфе, севшем на водоносный горизонт, вода не только поднимется, но выполнит шурф до краев и будет через него изливаться на поверхность долины. Борьба при шурфовке с напорной водой особенно затруднительна, и проморозка возможна далеко не всегда. Поэтому, если есть какая-либо вероятность встретить горизонт напорной воды, шурф должен углубляться с соответствующими мерами предосторожности против его затопления.

Если водоносный горизонт представлен мелким песком или илом, то часто он превращается в пливун. При нормальном залегании пливуна в толще долинных отложений движение пливуна в целом не происходит, лишь вода просачивается между минеральными частицами. Но если горизонт пливуна вскрыт естественным обнажением или горной выработкой, то весь пливун приходит в движение, и горная выработка совершенно заплывает. Поэтому проходка пливунов представляет большие трудности и производится либо проморозкой, либо при помощи сплошной забивной крепи. Иногда пливун движется под большим напором, и бывали случаи поломки им крепи и затопления уже закрепленных выработок.

В северных золотоносных районах при неглубоком залегании россыпей процент водных таликов по данным шурфовочной разведки очень невелик, не более 5%. При глубоком залегании россыпей (Лена) или при некоторых особенностях гидрогеологии (Алдан) он увеличивается до 10—15%, а в более южных золотоносных районах и значительно больше. Так, например, в Амгуно-Кербинском районе и вообще в низовьях Амура талые водоносные грунты преобладают над другими их видами.

3. Безводные талики

Если в пластах водопроницаемых пород возможны все три состояния грунта — водный талик, безводный талик и мерзлота, то в пластах водоупорных пород возможны лишь два состояния — безводный талик и мерзлота. Поэтому в отличие от водных таликов можно различать безводные талики в водопроницаемых и в водоупорных породах. Всякий водоупорный пласт, не являющийся мерзлым, представляет собой безводный талик. Талый водоупорный пласт может быть расположен целиком выше уровня грунтовых вод, целиком ниже этого уровня или частично выше, частично ниже. В последнем случае горная выработка может углубиться по безводному талику значительно ниже уровня грунтовых вод, но как только будет пройден водоупорный пласт, она будет затоплена напорной грунтовой водой.

В водопроницаемых слоях безводные талики приурочены к их верхним частям, в то время как водные — к нижним; обратные соотношения наблюдаться не могут; если водный талик лежит поверх безводного, то он обязательно должен отделяться от него хотя бы тонким водоупорным пропластком. При малой водоносности долинных отложений водопроницаемый пласт может быть безводным во всю свою мощность. Иногда в безводных таликах даже на поверхности коренных пород вода может отсутствовать совершенно. Если долинныя отложения покрываются сверху глиной или промерзают, то они становятся водоупорными и препятствуют просачиванию поверхностной воды в нижние горизонты. Если последние лишены притока воды вдоль по долине и с ее бортов, то благодаря постепенному стоку находящейся в них воды они могут совершенно осушиться, превратившись полностью в безводный талик. То же самое явление может иметь место, если водоупорный пласт хорошо выдерживается внутри толщи долинных отложений и вообще если нижние их горизонты оказываются отрезанными от источников своего пополнения водою.

Иногда сохраняется связь осушенных нижних горизонтов с руслом реки, и тогда они могут быть водоносными вблизи русла, но не выше его уровня. Часто русло реки оказывается заиленным или отделенным от нижних горизонтов долинных отложений хорошо выдержанным водоупорным слоем. Тогда эти горизонты могут быть совершенно безводными даже непосредственно под руслом реки. В то же самое время верхние горизонты долинных отложений, расположенные над выдержанным водоупорным

слоем, могут быть сильно водоносными. Неосторожное проведение горных выработок через водоупорный горизонт может повести к обводнению ранее безводной нижней части долинных отложений. Так как при подземной разработке россыпей водоносность металлоносных песков имеет несравненно большее значение, чем водоносность торфов, то при проведении горных выработок в подобных гидрогеологических условиях следует принимать все меры против возможного обводнения песков.

По легкости и дешевизне проходки безводные талики представляют наиболее желательное для разведчика и эксплуатационника состояние грунта. Они удобны для всех видов работ и не требуют никаких дополнительных затрат на оттайку или водоотлив. Единственный недостаток их тот, что обычно в своем распространении они бывают связаны с водными таликами, представляющими наименее удобное и наиболее дорогое для работ состояние грунта.

В некоторых случаях долинные отложения во всю свою мощность и на значительных протяжениях долин представляют безводные талики. Чаще всего это бывает обусловлено водопроницаемостью коренных пород, слагающих плотик; это или сильно трещиноватые породы или, чаще, закарстованные известняки. Вода, просачивающаяся с поверхности, не задерживается на коренных породах, а поглощается ими; уровень грунтовых вод в этом случае располагается в коренных породах, иногда на значительной глубине от поверхности. Если в подобных долинах и напоях присутствуют водоупорные горизонты, то на их поверхности могут образоваться небольшие водоносные слои; но так как поступление воды с поверхности происходит не непрерывно, а лишь в определенные периоды, то существование этих водоносных горизонтов также не является постоянным. Русло реки в большинстве случаев также существует лишь весной и после дождей, будучи в остальное время безводным; лишь когда оно хорошо заилено, вода держится в нем постоянно, но в сравнительно небольших количествах.

Как уже отмечалось в гл. VI, интенсивная циркуляция воздуха в карстовых известняках и покрывающих их наносах приводит к уничтожению вечной мерзлоты. Таким образом в подобных долинах почти исключительно развитием пользуются безводные талики; водные талики и мерзлота играют резко подчиненную роль. Здесь безводные талики, не сопровождаясь водными, избавляются от своего главного недостатка, но зато сами по себе создают ряд неудобств, связанных с полным безводием долин. Эти неудобства уже были нами рассмотрены (см. гл. XIV, 8).

Аналогично тому, как мерзлота разделяется на сезонную и вечную, или устойчивую, могут быть развиты и талики. Сезонными таликами являются те, которые возникают из мерзлоты при ее летнем оттаивании, а с наступлением зимы постепенно вновь промерзают. Вечными или устойчивыми таликами могут быть названы те, которые существуют непрерывно в течение длительных периодов независимо от смены времен года. Устойчивые талики могут переходить в мерзлое состояние лишь при вековых изменениях климатических условий или при изменении гидрогеологического режима долинных отложений.

Сезонные талики присутствуют во всех золотоносных районах; в верхних своих горизонтах они являются безводными, в нижних, на границе с мерзлотой, содержат водоносный слой. Максимального развития они достигают осенью, перед началом морозов, когда летнее протаивание распространяется наиболее глубоко. С началом морозов они начинают постепенно сокращаться и в середине или в конце зимы (в зависимости от климата) исчезают совершенно. Степень их развития осенью зависит от климатических условий, литологического состава верхних горизонтов долинных отложений и характера растительного покрова.

Устойчивые талики присутствуют далеко не повсеместно. В наиболее северных золотоносных районах во многих долинах представлены лишь мерзлота и сезонные талики. Там, где появляются устойчивые талики, они обычно являются водоносными, так как только циркуляция в них грунтовой воды предохраняет их от промерзания. Безводные устойчивые талики сохраняются в северных районах лишь в силу каких-либо специфических причин. Так, например, в Алданском и Учурском районах причину довольно широкого распространения таких таликов составляют карстовые явления. В более южных районах устойчивые талики как водоносные, так и безводные более обычны, а еще южнее они представляют нормальное состояние грунта.

4. Мерзлота

Почвенная мерзлота по длительности своего существования разделяется на сезонную и вечную, или устойчивую. Сезонная мерзлота пользуется в Союзе повсеместным распространением, так как зимою везде промерзает верхний слой земли, хотя бы и очень тонкий. Устойчивая мерзлота к западу от Енисея развита лишь за полярным кругом и недалеко от него к югу; к востоку от Енисея она пользуется почти повсеместным распространением.

Самый верхний слой, в пределах которого почва зимою промерзает, а летом оттаивает, носит название деятельного слоя. Мощность деятельного слоя бывает довольно различной.

Далеко не все категории долинных отложений одинаково легко промерзают и оттаивают. Породы водопроницаемые, как галечник, гравий и пр., промерзают довольно легко, но весьма легко и оттаивают. В процессе их оттаивания (как естественного, так и искусственного) громадную роль играет их большая пористость, допускающая свободную циркуляцию в них воды и воздуха, являющихся существенными факторами оттаивания. Породы водоупорные, как ила, глины и пр., не допускающие свободной циркуляции воды и воздуха, оттаивают лишь путем теплопроводности, которая в них к тому же меньше, чем в галечниках. Поэтому разница в скорости оттаивания галечников и глин или илов значительно больше, чем разница в скорости их промерзания.

Существенную роль в процессе оттаивания мерзлого грунта играет его теплоемкость, определяющая количество необходимого для оттаивания тепла. Теплоемкость грунта всецело зависит от его физического состояния. Объемная теплоемкость тем больше, чем меньше пористость грунта и чем больше в нем твердого материала; весовая теплоемкость увеличивается с увеличением процентного содержания льда (а при замерзании — воды). В наших золотоносных районах специального изучения грунтов с этой точки зрения не предпринималось. Американцами были изучены мерзлые грунты в Аляске. По их данным, мерзлая «тундра» имеет удельный вес около 1,329, т. е. 1 м³ «тундры» весит около 1,329 кг, из которых 790 кг падают на твердые части, а остальное — на лед. По объему твердые части занимают 31,9 %. Мерзлый галечник обладает удельным весом в среднем 2,189, а оттаявший и просушенный — 2,691. Содержание льда в мерзлом галечнике составляет по весу от 10 до 20 %, в среднем 16 %, а по объему — 29,1 %. На 1 м³ мерзлого галечника приходится 350 кг льда и 1840 кг минеральных частиц.

Сезонная мерзлота покрывает обычно всю поверхность долин, лишь изменяя свою мощность; поэтому не приходится много говорить о форме ее залегания. Устойчивая мерзлота может залегать на самой разнообразной глубине при различных формах залегания. В наиболее северных районах верхняя поверхность устойчивой мерзлоты везде или почти везде

совпадает с нижней поверхностью деятельного слоя. Таким образом период максимального промерзания грунта сезонная и устойчивая мерзлота сливаются в один сплошной мерзлотный массив. В более южных районах верхняя поверхность устойчивой мерзлоты часто заледенела уже на большей глубине, и между сезонной и устойчивой мерзлотой, если не повсюду, то в большинстве мест, расположен слой устойчивых таликов той или иной мощности.

Нижняя граница устойчивой мерзлоты залегает в восточной части Союза на большой глубине. В более южных районах она расположена на глубине 50—80 м от поверхности. В более северных районах нижняя граница мерзлоты еще не достигнута. Таким образом для восточной части Союза без большой погрешности можно считать, что коренные породы, подстилающие долинны отложения, если не непосредственно под ними, то на некоторой глубине, являются мерзлыми.

Независимо от мерзлоты коренных пород, формы залегания вечномерзлого грунта в долинных отложениях могут быть разбиты на следующие группы.

1. Сплошная мерзлота; устойчивые талики отсутствуют совершенно.
2. Среди преобладающей мерзлоты разбросаны отдельные гнезда, линзы, прослойки и пр. устойчивых таликов.
3. Среди преобладающих таликов разбросаны отдельные гнезда, линзы, прослойки и пр. устойчивой мерзлоты.
4. Более или менее значительные участки преобладающей мерзлоты, сплошной или с гнездами таликов, сменяются участками преобладающих таликов, сплошных или с гнездами мерзлоты.
5. Устойчивая мерзлота отсутствует совершенно; сплошь развиты талики.

Первый тип развития мерзлоты является довольно редким; даже в таком северном районе, как Колымский (61—63° северной широты), преобладающим типом является второй, и лишь на более высоких террасах, вероятно, преобладает первый тип. В Ленском районе преобладающими типами развития мерзлоты являются третий и четвертый, в Алданском — четвертый, но благодаря весьма своеобразной гидрогеологии района встречаются и все остальные. Пятый тип — сплошные талики — встречается в восточной части Союза как исключение, в Западной Сибири и на Урале развит повсеместно.

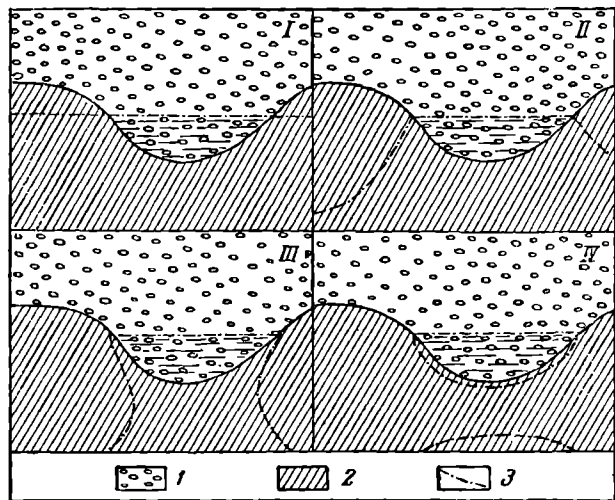
Пятнистое распространение вечной мерзлоты в долинных отложениях может объясняться, с одной стороны, особенностями процесса их промерзания (сохранение талых участков, трудно поддающихся промерзанию), с другой стороны, особенностями процесса их оттаивания (сохранение мерзлых участков, трудно оттаивающих). Очень глубокое залегание мерзлоты в коренных породах, а также тот факт, что вблизи южной границы развития устойчивой мерзлоты она находится в периоде своего сокращения, говорят за то, что в пятнистом распределении мерзлоты гораздо большую роль играет избирательное оттаивание, чем избирательное промерзание. Действительно, в процессе промерзания основное значение имеет передача тепла путем теплопроводности. Так как промерзание распространяется от поверхности, то определенный слой долинных отложений может промерзнуть не раньше, чем промерзнет слой, его покрывающий. Исключение может быть лишь в том случае, если вышележащий слой является сильно водоносным и интенсивная циркуляция грунтовых вод препятствует его промерзанию. В этом случае мерзлота распространяется вглубь лишь по бокам такого подземного русла и затем смыкается под ним, оставляя в середине талую водоносную полость (фиг. 174). Образование таким путем крупных участков таликов среди мерзлоты вряд ли возможно.

В процессе оттаивания устойчивой мерзлоты в период ее сокращения большую роль играет не только теплопроводность, но и циркуляция грунтовых вод. Обводняя сами по себе водопроницаемые, но находящиеся в промерзшем состоянии горизонты долинных отложений, грунтовые воды производят их весьма энергичное и быстрое оттаивание. Поэтому в период сокращения устойчивой мерзлоты оттаивание определенного горизонта долинных отложений зависит не столько от его положения в вертикальном разрезе их, сколько от его пористости и возможности его обводнения. Оттаивание пористых горизонтов, почему-либо обводненных, может иметь место не только в период общего сокращения мерзлоты, но и в период ее роста. Таким образом при пятнистом распространении мерзлоты талыми являются преимущественно водопроницаемые горизонты, мерзлыми — преимущественно водонепроницаемые.

Помимо литологического состава (а в связи с ним — и водопроницаемости) долинных отложений на распределение в них мерзлоты оказывает влияние целый ряд других причин. Сюда относятся: характер растительного покрова в долине, расположение долины и степень освещенности ее солнцем, распределение в ней поверхностных водоемов и водных потоков, расположение путей циркуляции грунтовых вод и пр. Большое значение может иметь и самый ход процесса оттаивания или промерзания. Например, оттаивание пористого горизонта грунтовыми водами начинается в верхней его части; по мере протавивания горизонта на глубину уровень грунтовых вод снижается, и верхняя, оттаявшая часть горизонта может вновь заморозиться. Вместе с тем, водонепроницаемый горизонт, подстилающий поток грунтовых вод, под его влиянием может на некоторую глубину оттаять. Различные причины часто делают распределение участков таликов и мерзлоты в толще долинных отложений весьма прихотливым и на первый взгляд совершенно беспорядочным и лишенным какой-либо закономерности.

Особой разнородностью распределения устойчивой мерзлоты является так называемая слоистая мерзлота. Она представляет многократное чередование в вертикальном разрезе долинных отложений более или менее правильных или линзовидных слоев то мерзлых, то талых. Как мощность отдельных слоев, так и общее их количество могут быть весьма разнообразными. Возникновение слоистой мерзлоты может происходить под влиянием различных причин. В качестве главнейших можно указать следующие случаи ее возникновения:

1. Слоистая мерзлота является отображением литологического состава долинных отложений и образуется в процессе их оттаивания. Водонепроницаемые горизонты являются мерзлыми, пористые горизонты талыми. Границы



Фиг. 174. Сохранение водоносного слоя от промерзания.

1 — галечник; 2 — глина; 3 — граница мерзлоты.

мерзлот и таликов совпадают с литологическими границами или точно или приближенно.

2. Слоистая мерзлота отображает особенности процесса накопления наносов. Поверх верхнего промерзшего слоя долинных отложений в процессе погружения может накопиться слой талого аллювия, который при задержке процесса накопления в верхних частях также промерзнет. При возобновлении накопления вновь отложится талый слой и т. д. Границы таликов и мерзлоты, как правило, не совпадают с литологическими границами, но случаи совпадения, конечно, не являются исключенными.

3. Слоистая мерзлота отображает изменение климатических условий во времени, т. е. смену периодов наступания и отступления мерзлоты. Предположим, что грунт, промерзший до глубины 200 м, подвергается оттаиванию, которое успевает проникнуть лишь до глубины 150 м, после чего вновь начинается промерзание, и т. д. В результате многократной смены периодов промерзания и оттаивания может возникнуть слоистая мерзлота. В данном случае она будет располагаться в толще коренных пород при довольно значительной мощности отдельных слоев, в то время как в первых двух случаях мощность отдельных слоев невелика и прослеживаются они лишь в толще наносов.

По удобству и дешевизне проходки мерзлота занимает промежуточное положение между водными и безводными таликами; оттайка мерзлоты обходится в общем дешевле, чем борьба с притоком воды, благодаря чему одним из средств такой борьбы является проморозка грунта. При шурфовочной разведке для проходки мерзлого грунта применяют пять способов:

1. Оттайка мерзлоты пожарами является наиболее обычным способом ее проходки. Наилучшую производительность этот способ дает в галечниках. В среднем галечники с песчано-илистым цементом оттаивают в глубину от полного ночного пожара на 25 см. Галечники с очень большим количеством цемента, с глинистым его составом или с большой примесью льда оттаивают меньше — всего лишь на 15—20 см. Наоборот, галечники с небольшим количеством цемента или с песчаным его составом оттаивают на 30—35 см, а иногда даже на 40 см. Ила и глины с небольшой примесью каменного материала, в зависимости от содержания в них льда, оттаивают на глубину от 5 до 15—20 см.

2. Оттайка мерзлоты буром (спускаемыми в шурф накаливаемыми на костре камнями) применяется в тех случаях, когда стенки шурфа от пожара осыпаются или оплывают, прекращая тем самым горение дров.

3. Проходка шурфов на кайлу, без оттайки мерзлоты, является наилучшим способом в чистых илах, особенно с большим содержанием льда, дающих очень малую производительность при оттайке. Кайловыми работами проходятся также чистый лед и суспены.

4. В тех случаях, когда труднотайкий грунт содержит примесь каменистого материала, делающую невозможной его проходку на кайлу, применяют взрывные работы. Последние выгоднее и во всех тех случаях, когда топливо для оттайки мерзлоты обходится очень дорого.

5. Проходка мерзлого грунта при помощи бойлера является наиболее совершенным способом оттайки мерзлоты при шурфовочных работах. Бойлер представляет собою небольшой паровой котел, сообщаемый по возможности коротким паропроводом с пойнтом — пустотелой стальной трубкой, забиваемой в дно шурфа. Пар, идущий из котла в пойнт, выходит через отверстия на его конце в наносы и оттаивает их. Бойлер совершенно незаменим в труднотайких грунтах и при проходке пластов, расположенных непосредственно под погребенным льдом. Особенно он выгоден при большой глубине шурфов, когда его не надо слишком часто перетаскивать

с места на место, и при достаточной длине труб для паропровода, когда он может обслуживать сразу два шурфа. При легкотайном грунте выгоды бойлера уменьшаются, а при малой, к тому же, глубине шурфов оттайка пожогом становится выгоднее, так как очень много времени тратится непроизводительно на частое перемещение бойлера с места на место, его установку и разогрев.

Мерзлый грунт имеет перед таликами, даже безводными, еще одно преимущество, заключающееся в том, что он гораздо устойчивее и требует меньших затрат на крепление выработок. При мускульной разработке россыпей применяются все те способы проходки мерзлоты, что и при шурфовочной разведке. При открытых работах весьма обычно естественное оттаивание мерзлоты (теплотой воздуха и солнечными лучами) с выработкой отдельных слоев по мере их оттаивания. При механизированных работах труднотайкие слои (ила) обычно сменяются слой за слоем заводимой на них при помощи канав водой. Легкотайкие породы (галечники) обычно оттаиваются паром, горячей или холодной водой. Во многих случаях их оттайка производится под толщей мерзлых илов аналогично процессу их естественного избирательного оттаивания. При экскаваторных работах иногда прибегают к естественному оттаиванию, вырабатывая оттаявшие слои последовательными задирками.

Сезонная мерзлота имеет наибольшее значение в пору ее максимального развития, при начале летних работ. При дражных работах она иногда создает некоторые неудобства, обваливаясь крупными глыбами в дражный котлован и тем мешая работе драги. В других отношениях она ничем не отличается от устойчивой мерзлоты.

5. Наледи

Наледи возникают при совместном развитии мерзлоты и водных таликов. Сущность этого явления уже была вкратце описана в гл. VI. По характеру воды, образующей наледи, можно различать наледи грунтовые и речные; провести между ними резкую границу не всегда бывает возможно.

Расход воды в реке представлен не только водою, текущей в самом русле, но и водою, сочащейся в толще обычно весьма рыхлых донных галечников. Благодаря зимнему промерзанию русла живое сечение его уменьшается; иногда русло промерзает до дна, и тогда вода течет лишь в донных галечниках. Одновременно с уменьшением живого сечения русла уменьшается расход воды в реке. Оба процесса протекают в количественном отношении независимо один от другого; поэтому можно различать три случая:

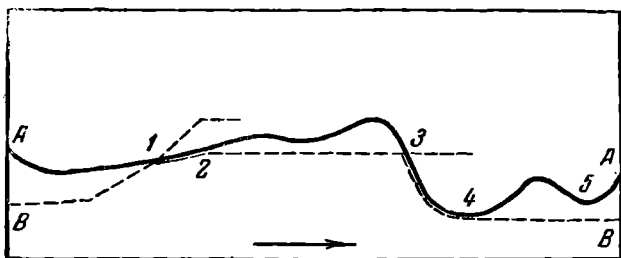
1. Расход воды в реке уменьшается быстрее, нежели живое сечение русла. Уровень воды время от времени отрывается от нижней поверхности льда, покрываясь новой ледяной корой. Так возникают две или несколько ледяных корок, разделенных между собою пустыми промежутками. Верхние корки в течение зимы обычно обрушаются или под собственной тяжестью или под влиянием какой-либо дополнительной нагрузки (снег, проходящий транспорт и пр.).

2. Расход воды и живое сечение русла уменьшаются в соответствии друг с другом, ледяная кора все время прилегает к поверхности воды.

3. Расход воды в реке уменьшается медленнее, чем живое сечение русла; избыток воды выступает из-под льда на его поверхность, приводя к образованию наледей.

Изменение расхода воды по длине русла в зимнее время в сильной степени зависит от характера поступления в русло грунтовых вод, представляющих зимою единственный источник питания рек. Если грунтовые воды поступают равномерно по длине русла, то столь же равномерно увеличи-

вается в последнем количество воды. Если выходы грунтовых вод приурочены к вполне определенным местам, то здесь количество воды в русле скачком увеличивается и затем на некотором протяжении течения до следующего выхода остается постоянным. С другой стороны, поперечное сечение русла уменьшается при промерзании далеко не везде одинаково. Там, где река разливается широко и имеет небольшую глубину, поперечное сечение ее уменьшается очень сильно; наоборот, в узких и глубоких местах уменьшение поперечного сечения менее заметно. Где в русле обильны валуны, оно промерзает глубже и быстрее, чем там, где валуны отсутствуют. Мощное развитие пористых донных галечников делает уменьшение живого сечения менее заметным, так как по мере промерзания русла усиливается циркуляция воды сквозь галечники. Если галечники под руслом развиты слабо или изолированы от него водоупорным слоем, то



Фиг. 175. График условий образования наледей.

А—А — пропускная способность русла; В—В — фактический приток воды.

промерзание русла чрезвычайно резко сказывается на уменьшении живого сечения.

Отсюда видно, что соотношение между притоком воды в русле и его живым сечением может значительно и многократно меняться по длине русла. Наледе образуются во всех тех

местах, где приток воды больше, чем ее может пройти через сечение русла и донных галечников. Излишек воды выступает в виде наледей, и количество ее в русле уменьшается. Тем самым предупреждается образование наледей в целом ряде мест, расположенных ниже по течению. Схема условий образования наледей может быть изображена графически (фиг. 175). По оси абсцисс будем откладывать расстояния вдоль русла вниз по течению; по оси ординат — на кривой АА — пропускную способность русла при данном его сечении, включая и донные галечники; на кривой ВВ — фактический приток воды. Кривая АА расположена неизменно выше кривой ВВ или совпадает с нею. Там, где кривая ВВ подходит к АА, стремясь ее пересечь, образуется наледь; количество воды, выступающей в наледи, измеряется разницей между тем уровнем кривой ВВ, который она имела бы, не стесняемая кривой АА, и уровнем этой последней.

В районе точки 1 уровень кривой ВВ быстро повышается, благодаря обильным выходам грунтовых вод; в точке 1 обе кривые сходятся, несмотря на повышение кривой АА, — здесь выступает наледь. Излишек воды выливается на поверхность и замерзает, не отражаясь на дальнейшем ходе кривой ВВ. В точке 3 кривые опять сходятся благодаря резкому уменьшению пропускной способности русла. Количество выступающей здесь наледной воды измеряется разницей уровней точек 3 и 4, а длина участка, на котором выступает наледь, — горизонтальным расстоянием между ними. В точке 4 кривые расходятся: кривая АА повышается, кривая ВВ сохраняет свой принудительно пониженный уровень, чем избегается образование наледей в районе точки 5. С течением времени, по мере промерзания, обе кривые снижают свой уровень и могут несколько изменять очертания; поэтому подобный график может быть построен лишь для определенного момента времени. График, конечно, представляет лишь приближенную схему, тем более, что пропускная способность русла

зависят не только от его живого сечения, но и от скорости течения, которая в свою очередь регулируется напором воды в русле.

На основе сказанного нетрудно построить генетическую классификацию речных наледей. Прежде всего, они могут быть разбиты на две большие группы:

1. Наледи, основная причина которых лежит в резком увеличении количества воды в русле, несоответственно пропускной способности последнего.

2. Наледи, основная причина которых лежит в резком уменьшении пропускной способности русла и донных галечников несоответственно фактическому притоку воды.

Само собою разумеется, могут быть наледи смешанного типа, в образовании которых играют роль и та и другая причины. Наледи первой группы в большинстве случаев бывают обусловлены выходами грунтовых вод; таково, например, подавляющее большинство речных наледей в южной части Алданской плиты, питающихся выходами вод, стекающих по абразионной поверхности докембрия. К этой же группе могут быть отнесены и те наледи, которые образуются при впадении притоков благодаря резкому увеличению количества воды. Так как одновременно увеличивается живое сечение русла, наледи эти не пользуются большим распространением. Правильнее даже относить их к смешанному типу.

Наледи второй группы по основной причине их образования могут быть чрезвычайно разнообразными. В числе главнейших причин следует отметить:

1) легкое промерзание русла: а) в широких и мелких участках течения, б) при изобилии в русле валунов, в) при сдувании всего снега с поверхности льда; 2) слишком малое живое сечение донных галечников: а) благодаря изобилию в них валунов, б) благодаря подстиланию их на небольшой глубине водоупорным илисто-глинистым слоем, в) благодаря подстиланию их на небольшой глубине коренными породами.

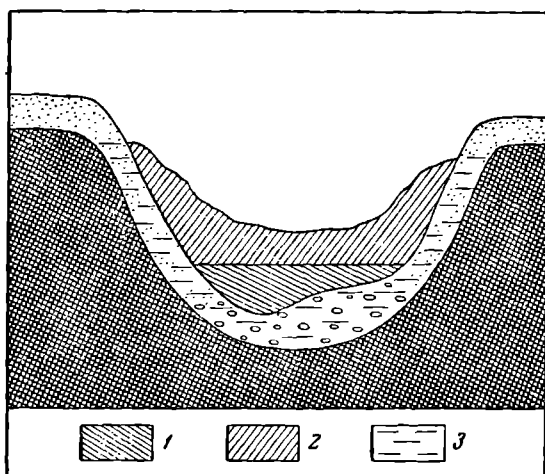
Последнее возможно: а) в местах пересечения долиной твердых пород, б) в эпигенетических участках, в) в зоне углубления долин, г) в зоне расширения долин и вообще при боковом размыве коренных берегов.

Некоторые считают, что одной из причин образования наледей может быть залегание на небольшой глубине под руслом вечномерзлого слоя. Однако этот случай вряд ли следует вводить в классификацию наледей: если мерзлый слой является достаточно пористым, то он должен легко оттаять под влиянием воды, циркулирующей в донных галечниках в месте образования наледей, и тем самым причина наледей устраняется. Мерзлота в нем сохранится лишь в том случае, если он является водоупорным, но этот случай уже включен в классификацию. Во многих случаях образование наледей бывает обусловлено одновременным воздействием нескольких причин.

В месте возникновения наледи русло не в состоянии пропустить всю прибывающую воду, которая поэтому спирается, замедляя течение на всем выпележащем участке. В результате в русле создается известный напор воды, под влиянием которого несколько увеличивается скорость течения воды в суженном участке русла и в донных галечниках под ним. Так как этим напор воды лишь ослабляется, но не уничтожается, то вода проникает в береговой аллювий и через него выступает на поверхность; обычно это происходит вдоль границы речного льда с береговым аллювием. Если долинные грунтовые воды находятся в сообщении с руслом реки, то при этом, естественно, повышается и их уровень.

В начале зимы наледная вода выступает на поверхность льда непрерывно или почти непрерывно, по мере своего прибытия. В середине зимы, благодаря промерзанию берегового аллювия, часто это происходит перио-

дически. Выступившая наледь резко ослабляет напор воды в русле, после чего береговой аллювий, пропитанный водою, очень быстро смерзается. По мере дальнейшего увеличения напора, воде приходится искать новых путей для выхода на поверхность через береговой аллювий, ранее не захваченный наледью. Как только воде удастся его протаять, весь излишек ее изливается на поверхность льда, вновь ослабляя напор в русле. Это явление повторяется периодически через различные или примерно равные промежутки времени. Часто береговой аллювий бывает предохранен от быстрого промерзания мощным снеговым покровом; в этом случае вода держится под снегом вдоль края наледи, не замерзая, и выступает то тут, то там на поверхность льда по мере своего накопления.



Фиг. 176. Образование ледяных барьеров по краю наледи.

1 — речной лед; 2 — наледный лед; 3 — водоносные наносы.

лость, непрерывно заполненная водою; высота стояния здесь воды измеряет ее напор в русле. Иногда эти барьеры возвышаются над поверхностью наледи на несколько метров; если долина не очень широка (чаще всего это молодые долины), то она принимает форму коридора с ледяными стенками (фиг. 176).

Часто наледный лед примерзает к берегам настолько плотно, что дальнейшее развитие наледи в ширину становится совершенно невозможным. Речная вода оказывается заключенной как бы в водоупорную трубу; эта труба может быть открыта вниз по течению, а в некоторых случаях промерзает совершенно; при этом вся прибывающая вода неизбежно должна выступать на поверхность в виде наледи. Благодаря примерзанию льда к берегам, место образования наледи отодвигается вверх по течению, туда, где вода еще может проникать на поверхность через береговой аллювий. Некоторые наледи смещаются так за зиму вверх по течению на сотни метров.

В замкнутой со всех сторон трубе, благодаря уклону реки, может развиваться громадный напор воды. Иногда он становится настолько велик, что взламывает лед с образованием в нем трещин и бугров выпучивания, высотой иногда в несколько метров. Эти трещины становятся путями интенсивного излияния воды, до тех пор пока не промерзают. Иногда взламывание льда происходит весьма бурно, взрывообразно; при этом крупные глыбы льда отбрасываются в сторону, и вода выносит на поверхность не только гальку, но и валуны (взрыв наледи в марте 1932 г. в вершине рч. Мякит в Колымском районе). Иногда подо льдом образуются

С течением времени наледь нарастает в ширину и в толщину. В некоторых долинах большие наледи развиваются во всю ширину долины, измеряемую сотнями метров. Если развитие наледи в ширину наталкивается на коренные породы или водоупорные слои аллювия, то наледная вода выступает на поверхность льда в одном и том же месте — вдоль границы его с водоупорными породами. При этом часто по краю льда образуется ледяной барьер, через который вода изливается на гладкую поверхность наледи. Иногда между барьером и водоупорным берегом существует по-

совершенно замкнутые водные полости при их промерзании, благодаря увеличению объема развивается громадное давление, также приводящее к образованию ледяных бугров, с той разницей, что при их взрыве не изливается очень большого количества воды.

Ход развития наледи зависит от причин ее возникновения и режима водного потока. Некоторые наледи существуют только в начале или в конце зимы, в середине же ее, когда река промерзает на всем своем протяжении, наледи, естественно, отсутствуют. Таково большинство наледей Колымского района. Другие наледи существуют в течение всей зимы, то усиливаясь, то ослабевая или даже временно прекращаясь; таковы многие наледи Алданской плиты.

Размеры наледей зависят от длительности их существования и количества поступающей в них воды. Крупные наледи тянутся по длине долины на километры и даже десятки километров при ширине в сотни метров. Толщина постепенно нарастающего наледного льда измеряется несколькими метрами. Таким образом объем льда в крупных наледях составляет миллионы кубометров. Ясно, что такая громадная масса льда не может стоять очень быстро; в местах очень крупных наледей накопившийся за зиму лед держится до конца лета и во многих случаях не успевает полностью стоять, перекрываясь зимою льдом новой наледи. Участки долин, где летом сохраняется наледный лед, имеют весьма характерный вид. Дно их совершенно плоское, русло разбивается на множество проток, раскиданных по всей ширине долины; древесная растительность отсутствует совершенно; острова между протоками или лишены растительности или покрыты мелкой травкой, низкорослыми кустарниками и ягодником.

Грунтовые наледи образуются под влиянием в общем тех же причин, что и речные. Во многих случаях грунтовые наледи очень тесно связаны с речными и не могут быть резко от них ограничены. Эти наледи могут возникать в тех случаях, когда долинские грунтовые воды находятся в непосредственном сообщении с руслом реки. Возникающий в русле напор передается грунтовыми водам, и может случиться, что вода легче всего найдет себе выход на поверхность не около русла, а в некотором удалении от него. При этом очень часто вода даже не изливается на поверхность, а лишь приподнимает верхний, уже промерзший слой долинных отложений, под которым образуется более или менее обширная полость обычно чечевицеобразной формы, выполненная водою; в дальнейшем, при замерзании воды, возникают ледяные чечевицы.

Такие подземные наледи выражаются в рельефе дна долины, как бугры выпучивания; размеры бугров примерно соответствуют размерам залегающих под ними чечевиц льда и бывают весьма разнообразны. В небольших буграх высота измеряется дециметрами, а длина и ширина — немногими метрами; в крупных буграх высота достигает нескольких метров, а длина и ширина — десятков метров. В более крупных буграх лед не успевает растаять в течение лета, в более мелких он стает полностью. На их месте остаются как бы перекопанные кем-то участки с нарушенным растительным покровом, с многочисленными ямами и мелкими буграми. Классически выраженные подземные наледи мне приходилось наблюдать в Колымском районе по кл. Тотангичан, левому притоку р. Олы, и в Аллах-Юнском районе — по кл. Кочулюкан и его левому притоку кл. Завидному (в эпигенетическом участке).

Чисто грунтовые наледи, совершенно не связанные с речной водой, образуются тем же самым путем. Основной причиной является несоответствие притока грунтовых вод уменьшенному вследствие промерзания сечению водоносного горизонта. Отсюда следует, что грунтовые наледи могут возникать лишь в том случае, если водоносный горизонт хотя бы частично пролегает в пределах деятельного слоя; в тех водоносных гори-

зонтах, которые повсеместно залегают глубже деятельного слоя, возникновение грунтовых наледей невозможно. Грунтовые наледы, как и речные, выражаются либо в излиянии воды на поверхность, либо в образовании бугров выпучивания с заключенными в них чечевицами льда. Довольно часто грунтовые наледы образуются в местах выхода грунтовых потоков из коренных пород в толщу наносов. В этих местах грунтовая вода изливается на поверхность обычно в течение всей зимы, приводя к образованию мощных толщ наледного льда, покрывающих иногда площади в тысячи и десятки тысяч квадратных метров. Подобные наледы весьма характерны для южной части Алданской плиты, где они питаются карстовыми водами, стекающими по поверхности докембрия. Выходы их настолько точно приурочены к границе известняков с докембрием, что в задернованных участках они могут служить для целей геологического картирования.

Среди грунтовых наледей пользуются значительно большим распространением, чем среди речных, бугры выпучивания, образующиеся за счет промерзания замкнутых со всех сторон водоносных полостей. Само собою разумеется, что для этого водоносные полости должны быть расположены в пределах деятельного слоя. Поскольку все вообще грунтовые наледы связаны с гидрогеологией лишь деятельного слоя, масштаб их несравненно более скромный чем речных наледей. По той же причине они имеют меньшее значение для геологии россыпей и для работ, связанных с разведкой и разработкой последних.

С явлением наледей постоянно приходится сталкиваться при разведке и разработке россыпей в районах развития вечной мерзлоты. Наледи требуют принятия целого ряда предупредительных мер против затопления горных выработок, а при недостаточно умелых мерах выработки могут все-таки оказаться затопленными, а вся работа, потраченная на их проведение и защиту от наледи, пропавшей зря. Для разведочных шурфов наледы представляют опасность трехкого рода:

- 1) распространяющаяся по поверхности вода может затопить выданную из шурфов породу (проходки), предназначенную для опробования;
- 2) эта же вода может проникнуть в шурф и залить его;
- 3) при сильном напоре воды в русле и в прилежащих галечниках она может прорваться в шурф через его стенки или дно и затопить его.

Если линия шурфов расположена ниже места выхода наледи, то ей может угрожать лишь вода, распространяющаяся поверху. Для защиты от этой воды обыкновенно огораживают площадки вокруг шурфов с выложенными на них проходками срубом из бревен, плотно примораживая бревна друг к другу по мере нарастания наледи в вышину. Так как вода выходит на поверхность несколько выше по течению, то опасность внезапного затопления шурфов обычно бывает исключена, и самая мощность наледи не бывает очень значительной. Что касается воды, текущей под льдом, в русле или в донных галечниках, то ниже наледи она не обладает напором и потому легко проходит шурфами обычным способом при помощи проморозки. Иногда вся вода задерживается наледью, и ниже наледи как русло реки, так и донные галечники являются совершенно безводными.

Расположение шурфов в самом месте выхода наледи является наиболее неблагоприятным. Здесь глубина наледи максимальная, и вода иногда выступает настолько неожиданно и быстро, что несмотря на принятие предупредительных мер шурфы оказываются затопленными. Проходить толщу водоносных галечников при помощи проморозки бывает затруднительно, так как напор воды в этом месте максимальный, а стенки и дно шурфов представляют наиболее ослабленные места, через которые часто и прорывается наледная вода. Если наледь сопровождается образованием ледяных

бугров напора, то проходка шурфов на проморозку в этом месте становится совершенно невозможной.

При расположении шурфов выше места выхода наледи им не угрожает опасность поверхностного затопления наледью, так как наледная вода распространяется преимущественно вниз по реке. Так как наледь может зимою сдвигаться вверх по течению, то шурфы, заложенные выше наледи, могут через некоторое время оказаться в сфере ее воздействия. Если наледь сопровождается сильным напором, то он чувствуется и на значительном протяжении вверх по реке. При этом шурфы, заложенные, казалось бы, в безопасном от наледи месте, могут подвергнуться затоплению путем прорыва воды через их стенки. То же явление может получиться и при проходке на проморозку водоносных горизонтов, находящихся в сообщении с руслом. Если наледь сопровождается развитием большого напора, то он передается и грунтовым водам. Шурфы, расположенные в стороне от русла и проходимые на проморозку, могут даже при правильном ведении работ оказаться затопленными именно благодаря этому напору. Многие случаи непонятного на первый взгляд «пропаривания» шурфов, когда и шурф промерз основательно и пожар положен небольшой, вероятно, объясняются существованием в водоносном горизонте большого напора воды. Если есть основания предполагать такой напор, проморозка должна вестись особенно осторожно, с большим запасом прочности в стенках шурфа.

Иногда самое проведение горных выработок через водоносный горизонт при помощи его проморозки может повести к образованию наледей там, где они ранее никогда не наблюдались. С этим приходится считаться при выборе мест для заложения шурфовочных линий. Если выработки обладают большими размерами (эксплуатационные зимние разрезы в русле, котлованы для мостовых ряжек и пр.), то при сколько-нибудь заметной водоносности русла или донных галечников образование наледи почти неизбежно. В этом случае перед заложением выработок должны быть выполнены меры против затопления их наледью. Когда проходится при помощи проморозки совершенно замкнутая водоносная линза, то самая проморозка ее создает в ней большой напор, в результате которого линза может взорваться.

Из всего сказанного о наледях вытекают те меры, которые могут быть приняты против затопления горных выработок наледной водой, речной или грунтовой:

1. Не способствовать образованию наледей искусственными мерами, как то: обнажением поверхности реки или долины от снегового покрова, уничтожением растительного покрова, предохраняющего водоносные горизонты от промерзания, неосторожным проведением канав, шурфов и пр. в угрожаемых местах и т. д.

2. Горные выработки, расположенные в месте развития наледи, своевременно предохранять от затопления устройством вокруг них срубов, иногда с проведением канав для стока наледной воды.

3. При развитии наледей с большим напором воды, угрожающим затоплением выработок с прорывом их стенок или дна, проходить для уничтожения напора специальные предохранительные шурфы до водоносного горизонта, предоставляя воде постоянный выход. Шурфы должны или очищаться от льда или защищаться от промерзания специальными деревянными надстройками.

4. В случае необходимости наледь может быть перенесена в другое место путем искусственного промораживания русла реки или водоносного горизонта выше по течению.

При достаточно осторожном обращении с речными и грунтовыми водами процент затопленных шурфов может быть сведен до крайнего минимума.

6. Погребенный лед

В долинных отложениях районов развития вечной мерзлоты иногда встречаются более или менее значительные скопления чистого льда, залегающего на некоторой глубине от поверхности. Иногда этот лед содержит небольшую примесь минеральных частиц. Все подобные ледяные скопления носят название ископаемого или погребенного льда. По способу своего образования погребенный лед может быть разбит на следующие категории:

- 1) погребенный речной и озерный лед;
- 2) погребенный лед наледей;
- 3) лед подземных (грунтовых) наледей;
- 4) погребенный лед ледников;
- 5) прожилки, прослойки и гнезда льда, образующиеся в илах и глинах при их замерзании.

Для возможности погребения речного и озерного льда необходимо соблюдение хотя бы одного из следующих условий:

1. Лед не должен взламываться высокой весенней водой, хотя бы в отдельных участках, для того, чтобы он мог быть покрыт наносным материалом во время половодья. Слой этого материала должен быть достаточно толстым, чтобы защитить лед от стаивания в течение лета. Чем толще слой материала, тем полнее под ним сохраняется лед. Для возможности длительного сохранения льда он должен быть перекрыт достаточно толстым слоем. Это более всего возможно при повторном накоплении аллювия в период погружения страны.

2. Климат местности должен быть достаточно холодным, чтобы лед, не успев стаять, имел возможность покрыться достаточным слоем наносного материала. Подобные условия, вероятно, имели место в течение ледниковых эпох, когда в долинах, расположенных немного ниже уровня снеговой линии, но не выполненных ледниками, речной и озерный лед не успевал растаять за лето и покрывался смываемым со склонов пролювием.

3. Материал, погребаяющий лед, поступает сразу в больших количествах. Обычно это бывает при устьях распадков и вообще притоков, выносящих во время половодья большое количество обломочного материала и отлагающих его в конусе выноса. Если этот материал будет вынесен на речной или озерный лед прежде чем тот успеет быть взломан весенней водой, то он может оказаться погребенным и при несоблюдении предыдущих условий.

Озерный лед отличается от прочих видов погребенного льда своей чистотой и прозрачностью; при таянии он обнаруживает шестоватое сложение перпендикулярно напластованию. Речной лед, если он образуется в тихих полуотмерших протоках, ничем не отличается от озерного; в русловом льду верхние горизонты, образовавшиеся из донного льда, мутные, непрозрачные, обычно со значительной примесью минеральных частиц.

Лед поверхностных наледей подвергается погребению чрезвычайно часто. Во многих случаях весенняя вода, не будучи в состоянии его взломать, прокладывает себе путь поверх него, отлагая на нем большое количество обломочного материала. Иногда этот обломочный материал в следующую зиму перекрывается новым слоем льда. Такие прослои обломочного материала в наледном льду указывают на образование его не в одну, а по крайней мере в две зимы. Под толстым слоем обломочного материала наледный лед может сохраняться в течение нескольких лет, но для того, чтобы он перешел в состояние постоянного и глубокого погребения, необходимо наличие длительного накопления аллювия. Погребенный наледный лед отличается своей совершенной, иногда довольно тонкой слоистостью, шестоватым сложением и часто наличием минеральных частиц

между слоями. Подземные наледы не требуют каких-либо специальных условий для своего погребения, так как образуются уже в погребенном состоянии; они отличаются своей монолитностью и чечевицеобразной формой.

Лед ледников не встречается в погребенном состоянии в толще долинных отложений, но иногда остатки его могут встречаться на поверхности долин. Так, например, Е. Т. Шаталов обнаружил летом 1932 г. в Колымском районе в долине кл. Морджот (бассейн р. Берелех) небольшой отмерший конец ледника, со всех сторон погребенный моренным материалом и лишь вверх по долине образующий обрыв чистого льда высотой в несколько метров. От других видов погребенного льда этот лед отличается своим крупнозернистым сложением и самой тесной связью с ледниковыми отложениями и ледниковыми формами рельефа.

В илах очень часто, в глинах иногда, встречаются небольшие прослойки, прожилки и неправильные гнезда чистого льда. Иногда прослойки льда довольно правильны и многократно чередуются с илами; в этих случаях лед, вероятно, является речным или озерным и слои его образовались путем последовательного погребения их илами с образованием поверх последних новых слоев льда. В других случаях прослойки льда весьма неправильны, переходят в секущие прожилки и неправильные гнездобразные скопления. Во многих случаях резко выраженная секущая форма не позволяет считать эти ледяные скопления продуктом непосредственного наслоения в чередовании с илами. Также трудно предположить, чтобы могли существовать свободные полости, заполненные водой, в талых илах. Скорее всего, эти полости образовались частью уже в мерзлых илах благодаря их растрескиванию, частью в процессе их замерзания. Возможно, что при замерзании илов, пропитанных водой, благодаря увеличению объема происходит отжимание воды, которая сосредоточивается в определенных, неправильных полостях. При замерзании нижних горизонтов илов верхние, уже промерзшие, выпучиваются и растрескиваются; образующиеся трещины заполняются водой или непосредственно льдом при конденсации водяных паров проникающего в них воздуха. Во многих случаях ила бывают настолько богаты льдом (до 50 % и даже более), что предполагать такое эпигенетическое образование его является совершенно необходимым; если бы масса такого состава находилась в талом состоянии, она неизбежно должна была бы разделиться на два слоя — илов и воды.

Вероятно, несколько иные формы принимают скопления льда в тех случаях, когда ила замерзают по мере своего накопления. Накопившийся в течение летнего периода слой ила зимой промерзает, а весной, не успев оттаять, покрывается новым слоем ила, предохраняющим его от таяния. В некоторых случаях новый слой ила может отделяться от предыдущего прослоем или тонкими линзами льда, или образовавшимися с осени путем замерзания луж на поверхности илов или представляющими не успевшую полностью стаять нижнюю, обледеневшую корочку снежного покрова. Само собою разумеется, что прослойки льда сохраняются в толще илов далеко не каждый год и разделяющие их слои ила представляют накопления не одного, а длительного ряда лет. Вероятно, частое чередование тонких слоев льда и ила образуется именно таким путем. Для накопления горизонта подобных льдистых илов мощностью в несколько метров (что наблюдается нередко) необходимо, чтобы речная сеть находилась в периоде длительного накопления тонких илистых наносов, что наиболее характерно для периодов погружения страны.

Таким образом возникновение пластов, прослоев, линз, прожилков и пр. погребенного льда возможно в довольно разнообразных условиях. Наиболее благоприятными условиями для образования погребенного

льда всех видов является сочетание погружения речной сети с холодным климатом; точнее, для сохранения погребенного льда важна не низкая средняя годовая температура, а лишь низкая температура в течение летнего периода. Таким образом погружение страны во время оледенения должно приводить к образованию погребенного льда в долинах, не занятых ледниками.

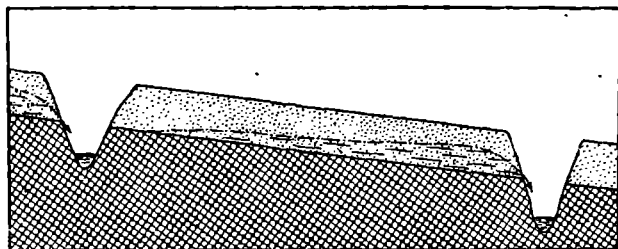
Более или менее мощные пласты погребенного льда в долинных отложениях золотоносных районов не представляют редкости, но и не пользуются очень широким распространением. В Аллаш-Юнском районе в зиму 1934—1935 гг. разведочными шурфами был встречен пласт чистого льда мощностью в 3 м, залегающий на глубине 10—13 м от поверхности. В Ципиканском районе отмечаются мощные пласты льда в долине р. Ципикана; эти пласты залегают на глубине от 3 до 6 м от поверхности и достигают мощности в 2 м и даже до 6,5 м. В Зейском районе был встречен горизонт мощностью в 13,6 м, представлявший многократное чередование илов с прослоями льда по 27 см мощностью. Ила с более или менее обильными мелкими прослойками, прожилками и гнездами льда представляют чрезвычайно распространенное явление во всех золотоносных районах, расположенных в области развития вечной мерзлоты.

Пласты погребенного льда при проходке горных выработок весьма легко проходится на кайлу; если под ними расположен слой чистого пла без примеси каменистого материала, то он также проходится на кайлу, и погребенный лед не создает каких-либо затруднений для углубки выработки. Если же под льдом расположен слой каменистых илов или галечников, подлежащий оттайке, то пласт льда создает громадные затруднения. Оттайка пожаром невозможна совершенно, так как вода, образующаяся от таяния льда, тотчас его заливают; оттайка бутом по той же причине весьма мало производительна. Самое целесообразное в подобных случаях углубиться на некоторую глубину под пласт льда взрывными работами, после чего можно переходить на бут и наконец на пожар. При отсутствии взрывматериалов почти единственный способ углубки — оттайка бутом. Для того чтобы теплота не затрачивалась зря на таяние льда, полезно произвести разгонку шурфа по ледяному пласту, хотя бы в нижней его части, непосредственно соприкасающейся с буюм. Образовавшуюся в результате разгонки выемку следует плотно заложить мхом и закрепить в целях тепловой изоляции от бута. При тщательно проведенной операции лед почти не будет оттаивать, и вся теплота бута будет уходить на оттайку породы в полосте шурфа. Подобная тепловая изоляция ледяного пласта необходима и в том случае, если выработку (например эксплуатационную) надо поддерживать и в течение летнего сезона.

При наличии необходимой аппаратуры совершенно неопенимую услугу при проходке пластов, залегающих непосредственно под погребенным льдом, может оказать бойлер. При его наличии он обязательно должен применяться для проходки шурфов, содержащих пласты погребенного льда. Так как образование погребенного льда в большинстве случаев обусловлено повторным накоплением аллювия, то мощность долинных отложений, заключающих пласты погребенного льда, обычно не менее 8—10 м, а чаще даже в пределах от 10 до 20 м. Поэтому заключенные в них россыпи разрабатываются преимущественно подземными работами. При этом большое значение имеет тепловая изоляция пластов льда в пересекающих их горных выработках. При вскрышных работах лед благодаря своей громадной теплоемкости и белому цвету оттаивает от солнечной теплоты медленно, особенно в мощных пластах. Его следует или оттаивать проточной водой или размельчать для скорейшего славивания взрывными работами.

7. Изменения водного режима в течение эрозионного цикла

Грунт любого литологического состава может находиться во всех трех состояниях — мерзлом, талом безводном и талом водоносном. Слои аллювия как непосредственные отложения русла реки или выходящих из берегов ее вод, первоначально являются тальными водоносными; в дальнейшем своем существовании они могут подвергнуться осушению или замерзанию. Тем же характеризуются и пролювиальные отложения. Элювий плотика, как и коллювиальные образования в самом процессе своего возникновения могут находиться в любом из трех состояний. Таковы же, вероятно, и ледниковые отложения. Доловые отложения в процессе своего образования являются тальными безводными и лишь в некоторых случаях, может быть, мерзлыми.



Фиг. 177. Схема водопосности террасы, пересекаемой долинами притоков.

В течение эрозионного цикла долинные отложения проходят целый ряд изменений в своем водном режиме и, вероятно, неоднократно переходят из одного состояния в другое. В фазу углубления долин долинные отложения разделяются на две части, русловую и террасовую, резко различающиеся между собою по своей гидрогеологии. В террасовых отложениях вследствие углубления русла реки и пересечения террас врезанными руслами притоков уровень грунтовых вод сильно понижается. Транзитные грунтовые воды во многих случаях отсутствуют; они могут наблюдаться лишь тогда, когда терраса главной реки соединяется с террасой притока, откуда на нее и выходит грунтовый поток. Главная часть питания падает на воды, поступающие со склона и просачивающиеся с поверхности. Благодаря отсутствию транзитного потока верхние по течению части террас (т. е. лежащие непосредственно ниже рассекающих их долин притоков) часто бывают совершенно неводоносны; максимальная водоносность террас приурочена к их нижним по течению частям (фиг. 177). Здесь на склоне долины притока часто наблюдаются родники, оползни и пр. По их присутствию здесь, а также на склоне террасы, обращенном в главную долину, можно приближенно судить о степени водоносности террасы. При большой водоносности террасы зимою на ее склонах, обращенных как в главную долину, так и в долины притоков, могут развиваться грунтовые наледи, особенно при скалистом характере склонов; если склоны покрыты мощным слоем водопроницаемого делювия, наледи будут отсутствовать.

Чем древнее терраса, тем лучше она дренирована рассекающими ее более молодыми долинами. Поэтому в одинаковых геологических условиях более древние террасы, как правило, менее многоводны, чем более молодые. За счет сокращения водоносности террасы на ней развиваются или безводные талики или мерзлота. Первое имеет место в более южных районах, где вечная мерзлота деградирует и промерзание долинных отложений вне деятельного слоя невозможно. В северных районах, где верхние слои долинных отложений получают летом тепла меньше, чем отдают его зимой, и где развитию мерзлоты ниже деятельного слоя пре-

пятствуют обычно лишь водоносные талики, с сокращением последних развивается вечная мерзлота. В более северных районах отложения высоких террас являются сплошь мерзлыми.

В молодых долинах в фазу их углубления водный режим наносов совершенно иной. Так как здесь все наносы сосредоточены в русле, они являются тальми водоносными; мерзлота наблюдается лишь сезонная, безводные талики отсутствуют за исключением самых верхов галечных кос при низком стоянии летней воды. Благодаря небольшой мощности донных наносов, изобилию перекатов и сильной валунистости русла здесь создаются весьма благоприятные условия для развития наледей, так как зимой во многих местах русло промерзает вплоть до коренных пород. Особенно большая наледь развивается в верхнем конце крутого участка, где вся речная вода, идущая в донных галечниках старой долины, выходит в молодое русло, проложенное в коренных породах. В этой наледи задерживается в середине и в конце зимы большая часть текущей в реке воды, и лишь небольшая часть ее пропускается в молодую долину. Часто ближайшие наледи на перекатах задерживают и эту часть воды, делая молодую долину совершенно безводной. Поэтому в менее значительных речках молодая долина в нижнем конце крутого участка питается лишь местным притоком вод: выходами их из коренных пород, стоком с террас, из долин притоков и пр. На ближайших перекатах, промерзающих до илотика, все эти воды выступают в виде наледей; так как количество воды обычно невелико, то и сами наледи обладают небольшими размерами.

Таким образом в зоне углубления долин мы имеем полосу очень крупных наледей по границе ее с зоной зрелых долин старого цикла. Ниже по течению — многочисленные, но небольшие наледи, обусловленные местным притоком вод. При отсутствии последнего и наледи могут совершенно отсутствовать. Несмотря на свои небольшие размеры, эти наледи могут представлять большие неудобства и для разведки и для транспорта: благодаря узости долины, эти наледи обычно выполняют ее во всю ширину и даже при небольшом количестве излившейся воды обладают иногда значительной глубиной. Весьма характерны наледи с напором, достигающим иногда громадной величины и приводящим к взрыву наледи с почти моментальным затоплением всей ширины долины. Для зоны углубления долин также весьма характерны наледи в устьевых частях висячих долин мелких притоков.

Зона расширения долин является вместе с тем зоной наиболее интенсивного накопления аллювия. Уже отложенный аллювий, благодаря боковым перемещениям русла, подвергается частому перемыву; поэтому большая часть долинных отложений находится здесь, как и в зоне углубления долин, в состоянии водных таликов. Безводные талики и мерзлота присутствуют преимущественно в пределах деятельного слоя, а ниже его лишь в тех участках долинных отложений, которые уже в течение длительного срока не подвергались перемыву руслом. Если отлагаемый рекою аллювий является сильно илистым или глинистым, то нижние горизонты его, наиболее заиленные, являются безводными в силу своей водоупорности, а верхние, менее заиленные, — водоносными.

По мере того как расширение долины заканчивается, амплитуда боковых перемещений русла сокращается, отложение водопроницаемых галечников сменяется накоплением водоупорных илов и глин, сами галечники подвергаются заиливанию, — водный режим долинных отложений постепенно меняется, приближаясь к таковому зрелых долин. Здесь, как и в характере аллювиальных россыпей, замечается тот же постепенный переход от зоны углубления долин к зоне зрелых долин. В верхних по течению частях зоны расширения водный режим долинных отложений почти тот же, что и в зоне углубления; но чем ниже по течению, тем больше он

приближается к водному режиму зрелых долин и наконец постепенно в него переходит.

Наледи для зоны расширения долин не характерны. Наледи зоны углубления задерживают большую часть речной воды, почему поступление ее зимою в зону расширения, как вдоль главной долины, так и из долин притоков, очень невелико. Зона расширения в это время питается преимущественно местными грунтовыми водами. В то же время живое сечение в ней талых водопроницаемых пород очень велико и зимою вряд ли бывает заметно заполнено водою. Таким образом условия для образования наледей здесь отсутствуют; но все же в некоторых случаях они могут возникать. Например, при пересечении рекою твердых пород долина заметно суживается, и коренные породы залегают на небольшой глубине под руслом; сечения перекрывающих их галечников может не хватить для вмещения воды в период зимнего промерзания русла, в результате чего возникает наледь. Залегание коренных пород неглубоко под руслом может повести к образованию наледей и в том случае, если это обусловлено

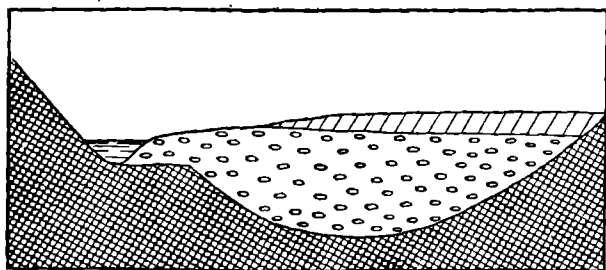


Рис. 178. Условия возникновения наледи при боковом подмыве коренного берега.

недавним боковым подмывом коренного берега (фиг. 178). Положение может усугубиться обильным притоком грунтовых вод с прилежащего борта долины. По мере приближения к зоне зрелых долин зимний расход воды в реке быстро увеличивается при одновременном развитии водоупорных горизонтов, заглениности галечников и мерзлоты. Здесь вновь становятся возможны налееди.

Основной особенностью зоны зрелых долин является то, что здесь на большей части ширины долины водопроницаемые галечники перекрыты водоупорными илисто-глинистыми отложениями, которые, к тому же, часто бывают мерзлыми. Образование этой водоупорной крышки приводит к сильному уменьшению водоносности долинных галечников. В них прекращается поступление воды, стекающей со склонов, просачивающейся с поверхности и конденсирующейся из водяных паров воздуха. Остаются лишь сток воды со склонов в толще делювия (если он не насквозь мерзлый), выходы грунтовых вод из коренных пород и просачивание из русла; иногда и русло бывает изолировано от долинных галечников водоупорным слоем.

Уменьшение притока воды в долинные галечники в связи с продолжающимся в них стоком грунтовой воды по уклону плотика приводит к сильному понижению в них уровня грунтовых вод. Если в толще галечников присутствуют водоупорные слои, то водоносный горизонт может разбиться на несколько горизонтов, над которыми будут расположены безводные галечники (см. фиг. 170). При дальнейшем уменьшении притока воды некоторые из верхних водоносных горизонтов могут осушиться совершенно. В конечном итоге уровень грунтовых вод, сильно снизившись, занимает какое-то более или менее постоянное положение или же галечники становятся совершенно безводными. В отличие от зоны расширения долин, где циркуляция грунтовых вод идет более или менее равномерно сквозь всю толщу галечников, в зоне зрелых долин вырабатываются пути более усиленной их циркуляции, как бы линейно вытянутые подзем-

ные русла. При сокращении водоносности долинных галечников иногда грунтовые потоки сохраняются в них лишь вдоль таких русел.

Обезвоженные галечники в зависимости от климата района могут или сохраниться в талом состоянии или промерзнуть; последнее возможно, даже значительно ниже деятельного слоя, если глубина возможного зимнего промерзания превышает глубину летнего оттаивания. В Колымском районе при летней шурфовочной разведке наблюдалось следующее явление (фиг. 179). В начале лета вся толща долинных отложений, и галечники и перекрывающие их ила, находилась в мерзлом состоянии. В конце

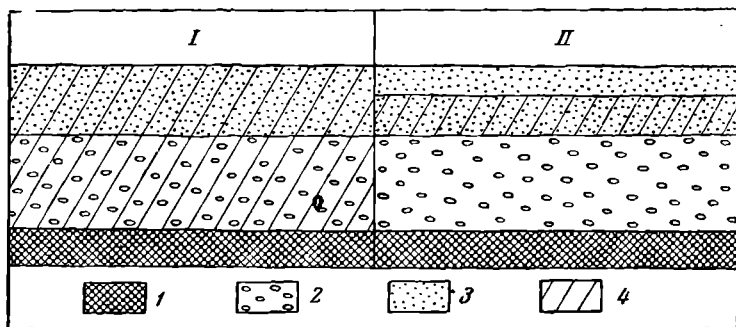


Рис. 179. Соотношение зимнего промерзания (I) и летнего оттаивания (II) в Колымском районе.

1 — ил; 2 — галечник; 3 — ила; 4 — мерзлота.

лета ила оттаивали на некоторую глубину, но нижний слой их все-таки оставался мерзлым. Галечники к концу лета оттаивали полностью или почти полностью за счет поверхностной воды, попадавшей в них где-то выше по долине. Таким образом зимнее промерзание, распространяясь от поверхности, успевало проникнуть в течение одной зимы не только в оттаявший за лето слой илов, но и на несколько метров глубже в толщу галечников. В условиях столь интенсивного зимнего промерзания в течение длительного срока могут существовать в талом состоянии лишь водоносные горизонты.

В прирусловой части зрелых долин водный режим наносов несколько иной. Здесь преобладают водные талики, либо подстилающие русло, либо расположенные вблизи него и находящиеся с ним в сообщении. Если нижняя часть подстилающих русло наносов отделена от него водоупорным горизонтом, то она может находиться в любом из трех состояний. Мерзлое состояние ее в большинстве случаев объясняется не боковым ее промерзанием под руслом, а скорее всего боковым перемещением русла на уже промерзшие наносы. Гидрогеология прирусловой зоны обуславливает и развитие наледей. Основная причина последних в зрелых долинах заключается в неглубоком залегании под руслом водоупорного слоя. Обычно сюда присоединяются наличие мелких, легко промерзающих перекатов, присутствие в русле валунов, обильные выходы грунтовых вод и пр. Менее характерны для зоны зрелых долин наледи, обусловленные неглубоким залеганием коренных пород (боковой подмыв их, погребенные пороги, эпигенетические участки и пр.). В зависимости от строения наносов и причин своего возникновения наледи зрелых долин могут быть весьма разнообразны по своему режиму, размерам, количеству и пр.

В фазу погружения (возникающую лишь в специальных условиях) в долинных отложениях создаются весьма сложные гидрогеологические условия. Первичные наносы во многих случаях погребаются в том состоянии, в котором они находятся к началу погружения. Если аллювий эпохи

погружения представлен лишь водоупорными илисто-глинистыми отложениями, то он может совершенно изолировать русло от первичного аллювия, который при этом полностью или частично осушится. Если при повторном накоплении аллювия отлагаются как водоупорные, так и водопроницаемые слои, то в долинных отложениях возникают сложные условия нисходящей циркуляции грунтовых вод с образованием нескольких промежуточных водоносных горизонтов. При этой циркуляции некоторые из ранее мерзлых горизонтов могут подвергнуться оттаиванию; в мерзлом состоянии сохраняются преимущественно водоупорные слои. Под мощным покровом наносов, даже в условиях сурового климата, безводные талики могут сохраняться в течение длительного времени. В районах развития вечной мерзлоты одной из наиболее характерных гидрогеологических особенностей отложений эпохи погружения является присутствие в них пластов погребенного льда.

Иногда высказывается мнение, что развитие наледей препятствует образованию промышленных аллювиальных россыпей, благодаря чему такие россыпи не могут находиться в участках долин, покрытых зимой наледями. Это мнение основывается на том, что в участках наледей русло реки столь непостоянно и разбито на столько проток, что здесь происходит не концентрация, а скорее рассеяние металла. Такое мнение базируется на несколько неправильном представлении о том, что россыпи образуются в речной долине непрерывно, вне зависимости от фаз ее развития. В зоне углубления долин, характерной своими наледями, формирование россыпей не происходит; здесь металл находится в состоянии перемещения, и наличие русловых россыпей прекрасно сочетается с развитием наледей. Самая большая наледь, вверху крутого участка, в период размыва старой россыпи неизбежно перекрывает ее на значительной части ее протяжения.

В зоне расширения долин, где происходит окончательное формирование россыпи, наледи, как мы видели, не характерны. Что касается наледей, возникающих в зоне зрелых долин, когда формирование россыпи уже закончено, то они, конечно, не могут отразиться отрицательно на процессе ее образования. В некоторых случаях, действительно, наледи и россыпи несовместимы, и в россыпи наблюдается перерыв как раз в участке развития наледи. Но это вызвано не тем, что наледь отрицательно влияет на россыпь, а тем, что и развитие наледи и отсутствие россыпи обусловлены одной и той же причиной. Так, например, в эпигенетических участках присутствие россыпей невозможно; но здесь же, благодаря неглубокому залеганию коренных пород, развиваются наледи. Присутствие россыпи в эпигенетическом участке становится возможным лишь после того, как он пройдет вместе со всей долиной полный цикл преобразования, т. е. перестанет быть эпигенетическим, но тем самым устраняется причина для образования наледи. При пересечении твердых пород часто наблюдаются перерывы в россыпи благодаря более крутому уклону здесь долины; здесь же возникают и наледи. Но даже в этих случаях обычно не наблюдается полного совпадения перерыва в россыпи с выходом наледи. В то время как россыпи отсутствуют в самих этих участках (эпигенетических и твердых пород), наледи возникают непосредственно выше их, т. е. там, где россыпи еще могут присутствовать. Таким образом указанное представление о несовместимости наледей с промышленными россыпями во многих случаях не отвечает действительности, а в тех единичных случаях, когда это действительно бывает так, оно все-таки не отражает истинной сущности явлений. Поэтому в практической работе им отнюдь не следует руководствоваться.

В заключение необходимо остановиться на изменении вечной мерзлоты и промерзании долинных отложений в связи с эрозионными циклами.

Для внесения большей ясности в рассматриваемый вопрос полезно различать два рода вечной мерзлоты пород: активную вечную мерзлоту и пассивную. Под активной вечной мерзлотой мы будем подразумевать такую мерзлоту пород, которая соответствует современному климату местности; поэтому такая мерзлота, раз уничтоженная искусственным или естественным путем, через некоторое время восстанавливается вновь. Пассивная мерзлота не соответствует современному климату местности, представляя продукт прежнего, более холодного климата. Раз уничтоженная, она уже более не восстанавливается; мало того, под влиянием современного, более теплого климата она неизменно деградирует при сокращении области ее развития.

В пределах Союза в южных частях области развития вечной мерзлоты установлены несомненные признаки ее деградации, таким образом здесь вечная мерзлота почвы является пассивной. В северных районах (Якутск, Колыма, Аллах-Юна и др.) имеются несомненные признаки того, что здесь вечная мерзлота является активной. Таким образом всю область развития вечной мерзлоты можно разбить на две зоны: зону активной мерзлоты и зону пассивной мерзлоты. Граница между ними, конечно, не является четкой геометрической линией, но скорее всего представляет более или менее распычатую переходную зону, в пределах которой, в зависимости от чисто местных условий, чередуются участки пассивной и активной мерзлоты, а также, вероятно, и такие участки, в которых вечная мерзлота сама по себе не деградирует, но, раз уничтоженная, более уже не восстанавливается.

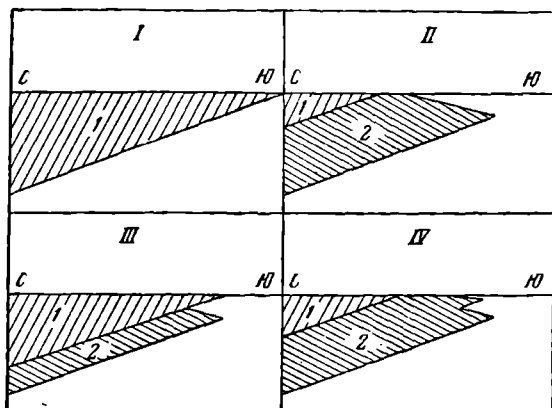
Вопрос о том, в каком состоянии находится сейчас вечная мерзлота в целом, конечно, не может решаться одними наблюдениями в зоне активной или в зоне пассивной мерзлоты. Первые всегда будут приводить к выводу, что мерзлота сейчас наступает, вторые — к обратному выводу, что мерзлота отступает; ни те, ни другие выводы не являются достаточно обоснованными. Существование зоны пассивной мерзлоты говорит лишь о том, что некогда вечная мерзлота пользовалась большим распространением, чем сейчас, и в период своего максимального развития, конечно, вся была активной. После этого климат сделался более теплым, и граница активной мерзлоты отступила к северу; южнее нее вся вечная мерзлота перешла в пассивное состояние и тем самым неизбежно осуждена на исчезновение. Но процесс ее отмирания ни в коем случае не может быть рассматриваем как признак дальнейшего отступления границы активной мерзлоты. Сейчас мы не располагаем никакими данными для того, чтобы судить о том, как эта граница себя ведет, — продолжает ли свое отступление, находится в стационарном состоянии или вновь наступает к югу. В последнем случае зона пассивной мерзлоты должна исчезнуть под влиянием, с одной стороны, отступления ее южной границы к северу, с другой стороны — наступания на нее с севера активной мерзлоты. Итак, вопрос о наступании или отступании активной мерзлоты не может быть разрешен ни в той, ни в другой зоне, но только на их границе.

Так же как и в горизонтальном разрезе вечной мерзлоты, активная и пассивная зоны могут быть выделены в ее вертикальном разрезе. В пределах активной зоны при устойчивом состоянии вечной мерзлоты определенным климатическим условиям соответствует определенная мощность вечномерзлого слоя. При максимальном развитии мерзлоты этот слой во всю свою мощность является активным; при потеплении климата мощность активно мерзлого слоя уменьшается, и самый нижний горизонт мерзлоты переходит в пассивное состояние: он обречен на исчезновение под влиянием тепла, притекающего из глубины земной коры (фиг. 180). При последующем похолодании климата активная мерзлота может возобновить наступление на глубину, еще более ускоряя уничтожение пассивно мерзлого слоя.

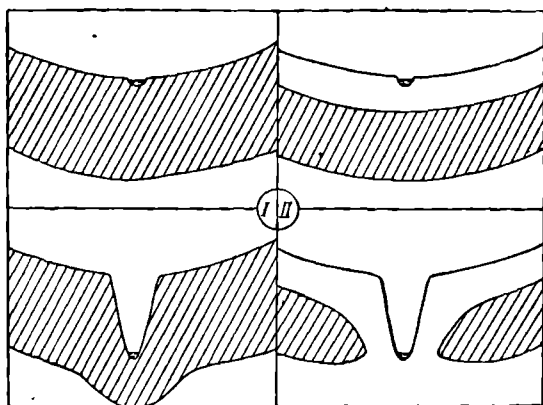
При углублении речных долин, особенно, если оно значительно (например в Алданском районе 170 м), их уровень приближается к нижней границе вечномерзлого слоя. Если углубление происходит в области развития активной мерзлоты, то оно сопровождается понижением этой границы под речными долинами (фиг. 181); если углубление протекает в области развития пассивной мерзлоты, то оно способствует скорейшему оттаиванию ее под речными долинами или даже полному уничтожению. В последнем случае вечная мерзлота может сохраниться лишь в виде неправильно линзообразных залежей под водораздельными возвышенностями.

Наилучшие условия для промерзания коренных пород под речными долинами создаются в зоне углубления долин. Здесь борта молодой долины сложены коренными породами без защитного элювиального слоя или глыбовыми россыпями, не препятствующими заметно их промерзанию. Дно долины узко и на значительной части своего протяжения зимою лишено воды, почему также не может служить для предохранения коренных пород от промерзания. Кроме того, в северных районах зимою, во время затишья, речные долины служат путями стока холодного воздуха. В молодых долинах, благодаря их узости и значительному уклону, эти ветры достигают особенно большой силы, еще более способствуя промерзанию коренных пород. Мне случалось наблюдать в подобных участках ветер, который с легкостью передвигал по гладкому льду наледи оленью упряжку с нартой и седоком.

В зоне расширения долин условия для промерзания коренных пород неблагоприятны. Здесь дно долины обладает уже большей шириной, достигающей, а во многих случаях и превышающей мощность вечномерзлого слоя под долиной; оно выполнено тальми водоносными породами, не промерзающими и зимою, и потому служит тепловым экраном, предохраняющим коренные породы под долиной от промерзания. Верхние части коренных пород могут даже на некоторую глубину оттаять под влиянием циркулирующей в наносах воды. Таким образом в зоне расширения в коренных породах, расположенных непосредственно под долиной, вечная мерзлота из активной превращается в пассивную, и под влиянием тепла прибывающего из глубины земной коры, начинает сокращаться.



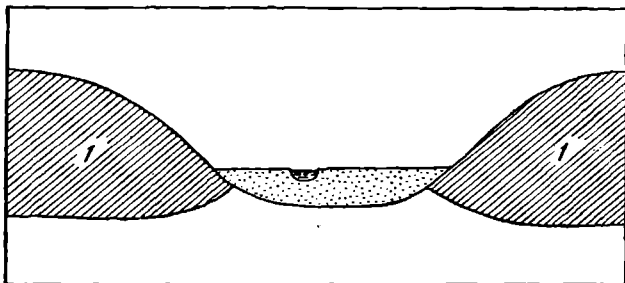
Фиг. 180. Схема соотношения активной (I) и пассивной (2) мерзлоты в меридиональном разрезе. I — максимальное развитие; II — отступление; III — наступление; IV — новое отступление.



Фиг. 181. Изменения контуров вечномерзлого слоя при углублении долины в активной (I) и пассивной (II) мерзлоте.

Лишь под бортовыми частями долины, куда проникает промерзание через окаймляющие ее возвышенности, сохраняется активная форма мерзлоты.

По превращении речной долины в зрелую водоносность ее наносов сокращается, и верхние их части попадают в зону активной вечной мерзлоты. Во многих местах они промерзают до плотика, после чего активная мерзлота начинает распространяться в толщу коренных пород путем сокращения мощности слоя пассивной мерзлоты. В конце концов нижняя граница активной мерзлоты устанавливается на некоторой определенной глубине, сохраняющейся до следующего эрозионного цикла или до изменения климатических условий. В условиях менее сурового климата или в соответствующих гидрогеологических условиях водоносность долинных отложений может сохраниться и в зрелых долинах. Тогда тот тепловой экран, который они собой представляют, будет существовать



Фиг. 182. Уничтожение вечной мерзлоты под тепловым экраном водоносных наносов.

I — мерзлота.

неопределенно долгое время, поддерживая мерзлоту под речной долиной в пассивном состоянии. По истечении достаточно длительного срока эта мерзлота может совершенно исчезнуть за исключением бортовых частей долин (фиг. 182).

Еще легче тепловой экран водоносных наносов сохраняется в погребенных долинах, т. е. при большой мощности долинных отложений. Таков, например, Ленский золотоносный район, где самые нижние части наносов, лежащие на плотике, обычно являются сильно водоносными; под их воздействием и верхние части плотика находятся в талом состоянии. Что касается возможности нахождения вечной мерзлоты в коренных породах на некоторой глубине под долинами, то она зависит всецело от длительности существования экрана водоносных наносов. При большой длительности мерзлота должна отсутствовать совершенно, при небольшой — присутствует на некоторой глубине в пассивном состоянии. В Алданском районе исключительными по своему интересу являются тепловые экраны, представляемые главным водоносным горизонтом района — границей известняковой толщи с подстилающим ее докембрием, вдоль которой происходит весь сток теплых карстовых вод.

В районах развития пассивной вечной мерзлоты углубление речных долин лишь способствует ее быстрейшему уничтожению. В этих районах долинные отложения, накапливающиеся на поверхности пассивно мерзлых коренных пород, уже не подвергаются последующему промерзанию ниже деятельного слоя, неизменно сохраняясь в талом состоянии. Поэтому вечная мерзлота долинных отложений в области развития пассивной мерзлоты указывает на то, что эти долинные отложения накопились еще тогда, когда мерзлота в данном районе была активной. В районах, где происходит преобразование речной сети, т. е. где имеются долинные отложения

самого разнообразного возраста, вплоть до накапливающихся на наших глазах, это может служить некоторым пособием для определения того момента времени, когда мерзлота в данном районе перешла из активного состояния в пассивное.

Таким образом гидрогеология россыпей, как прочие их особенности, в значительной мере зависит от фазы развития речной сети, а вместе с тем и расположенных в ней аллювиальных россыпей. И даже вечная мерзлота коренных пород находится в некоторой зависимости от последовательной смены фаз эрозионного цикла.

Глава XXII

СТРАТИГРАФИЯ ДОЛИННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

1. Общие принципы стратиграфии долинных отложений

Стратиграфия, т. е. последовательность напластования долинных отложений, представляет по сравнению со стратиграфией обычных осадочных пород, отлагающихся в водных бассейнах, некоторые весьма характерные и своеобразные особенности, большинство которых обусловлено тем, что долинные отложения представляют образования областей преобладающей деструкции, в то время как обычные осадочные породы представляют типичные отложения областей аккумуляции. Рассмотрим главнейшие из этих особенностей. Для большего удобства их полезно разбить на две группы: особенности, наблюдающиеся в поперечном сечении долинных отложений, и особенности в их продольном профиле!

Для лучшего выяснения первых особенностей вспомним, как происходит первичное заполнение долины аллювием в ее поперечном сечении. Одновременно с расширением долины в ней происходит накопление галечников. Они отлагаются не сразу по всей ширине долины, а лишь в прирусловой зоне. Заполнение ими долины во всю ширину достигается путем боковых перемещений русла. Так как в этот период уровень русла медленно повышается, то оно при своем перемещении размывает верхнюю часть ранее отложившегося аллювия, а на нетронутой нижней отлагает новый слой его. Таким путем в галечнике (вообще в отложениях русла) возникают бесчисленные поверхности размыва, знаменующие перерыв в отложении, когда русло находилось в стороне. Продолжительность таких перерывов измеряется годами, десятилетиями и даже, может быть, столетиями. В нашем распоряжении совершенно нет данных для того, чтобы судить о ней в каждом отдельном случае хотя бы приблизительно; даже самые поверхности размыва могут быть констатированы в толще галечников далеко не всегда. Поэтому толщу первичных галечников мы можем рассматривать лишь как единый стратиграфический горизонт, в котором верха несколько моложе низов.

Поверх галечников обычно отлагаются ила и глины, представляющие осадки мутных высоких вод; поэтому они, в отличие от галечников, принципиально не разнятся от обычных осадочных пород, отлагающихся в водных бассейнах: поверхности, разграничивающие в них отдельные слои, представляют нормальные плоскости напластования. По мере накопления илов уровень их повышается и, когда самая высокая вода уже не может более их покрывать, их накопление прекращается. Ила представляют второй стратиграфический горизонт аллювия, несколько более молодой, чем подстилающие их галечники. С окончанием их накопления

можно считать процесс заполнения долины первичным аллювием законченным. Возобновление процесса накопления аллювия возможно лишь при повышении базиса эрозии.

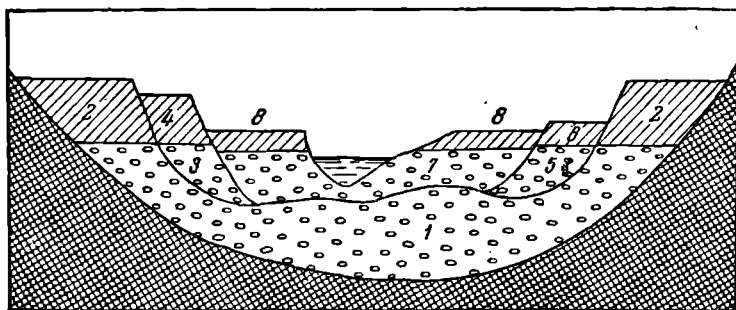
Одновременно с заполнением долины первичным аллювием в бортовых ее частях происходит накопление коллювия и пролювия. Но так как сам период заполнения сравнительно короток, то в течение его накапливается лишь небольшое их количество. Главная масса коллювия и пролювия отлагается уже по окончании накопления аллювиальных илов. Слоистость в коллювии отсутствует, но в общем верхние его части и расположенные дальше от склона моложе, чем нижние и расположенные вблизи склона. Коллювий представляет собою третий, наиболее молодой горизонт долинных отложений, развитый лишь в бортовых частях долин. В отличие от аллювия его накопление длится в течение всего эрозионного цикла, но преимущественно в фазу покоя как наиболее продолжительную. Таким образом по количеству накопившегося коллювия можно с известным приближением судить о длительности этой фазы, а вместе с тем и всего эрозионного цикла. В то же время мощность аллювия характеризует лишь условия его накопления, но отнюдь не продолжительность эрозионного цикла или какой-либо из его фаз.

Итак, первая характерная особенность долинного аллювия заключается в том, что в его вертикальном разрезе представлена лишь весьма кратковременная фаза заполнения долины. Наиболее продолжительная фаза эрозионного цикла — фаза покоя — в бортовых частях долины представлена неслоистым коллювием, а в большем удалении от бортов долины ей соответствует длительный перерыв в отложениях.

По заполнении долины первичным аллювием боковые перемещения русла не прекращаются, но становятся менее интенсивными и бывают сосредоточены в пределах сравнительно узкой полосы, расположенной или посреди долины, или ближе к какому-либо борту ее, или, наконец, переходящей от одного борта к другому. Эта полоса носит название поймы. Верхние горизонты первичного аллювия в пределах поймы являются уничтоженными, и вся она сложена более молодым пойменным аллювием. Пойменный аллювий залегает на том или ином горизонте первичных галечников, отделяясь от них поверхностью размыва. По своему значению эта поверхность является главной среди всех поверхностей размыва, присутствующих в долинных отложениях. Так как по окончании накопления первичного аллювия высотное положение русла при его боковых перемещениях почти не изменяется, эта поверхность в общем горизонтальна, в деталях — слабо волниста.

Возраст пойменного аллювия постоянно меняется, так как он все время перемывается руслом. Это именно тот аллювий, который в полном смысле слова является современным. Чем больший срок прошел после заполнения долины первичным аллювием, тем больше разница в возрасте между ним и пойменным аллювием. При большой продолжительности фазы покоя эта разница может быть очень велика. Так, например, если во время оледенения и по окончании его район не испытал поднятия или погружения, то первичный аллювий долины является доледниковым, а пойменный — современным. По литологическому составу между первичным и пойменным аллювием иногда не замечается какой-либо разницы, иногда же разница достаточно ощутительная и в некоторых случаях, даже очень резкая. Она может проявляться в крупности материала, степени его окатанности, литологическом составе, содержании и характере пемента и пр. При очень большой разнице в возрасте может стать заметным даже различие в степени выветрелости гальки. В некоторых случаях различие между первичным и пойменным аллювием настолько велико, что они представляются литологически совершенно различными горизонтами.

Пойменный аллювий, как и первичный, состоит нормально из двух горизонтов — галечников и илов. Мощность пойменного аллювия измеряется максимальной глубиной воды в русле во время половодья плюс мощность активного слоя минус глубина затопления поймы. По мере накопления на пойме илистого материала мощность илов возрастает, а уровень поймы повышается, стремясь сравняться с уровнем первичного аллювия долины. Однако этого предела пойменный аллювий никогда не достигает, так как раньше этого он размывается при боковых перемещениях русла, после чего вновь начинает покрываться илами. Благодаря этому поверхность поймы обычно несколько ниже поверхности выполняющего долину первичного аллювия. Поверхность поймы часто называют пойменной террасой, а возвышающуюся над ней



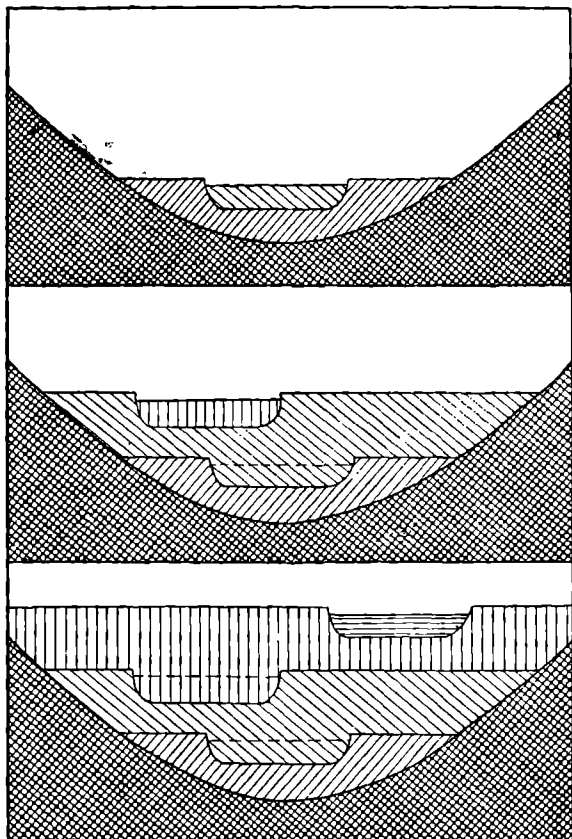
Фиг. 183. Схема стратиграфии долинного аллювия. Цифры указывают последовательность возраста: 1—2 — первичный аллювий; 3—6 — древний; 7—8 — современный пойменный аллювий.

поверхность первичного аллювия — надпойменной террасой, хотя ни та, ни другая в строгом смысле слова не являются террасами.

Если в течение фазы покоя эрозионная сила реки ослабевает, то ширина ее поймы может сократиться, и в краевых частях старой поймы могут возникнуть участки, более уже не перемываемые. Тогда между этим древним пойменным аллювием и аллювием современной поймы возникает перерыв в возрасте, который с течением времени все более увеличивается. Лишь наиболее верхние илистые горизонты древней поймы, если она продолжает затопляться высокой водой, могут иметь современный возраст. Если эрозионная сила реки ослабевает в течение фазы покоя несколько раз, то в долине могут сохраниться остатки нескольких древних пойм различного возраста. По уровню своей поверхности наиболее молодые из них приближаются к современной пойме, наиболее древние — к уровню первичного аллювия, обычно, однако, не достигая его. Если эрозионная сила реки вновь увеличивается, то современная пойма расширяется за счет перемива древнего пойменного аллювия, а иногда и первичного аллювия долины.

Таким образом стратиграфия долинного аллювия является более сложной, чем это может казаться с первого взгляда. Помимо первичного аллювия, соответствующего кратковременной фазе заполнения долины, в ней неизменно присутствует современный пойменный аллювий, отделяемый от первого длительным перерывом в возрасте. Иногда присутствуют участки древнего пойменного аллювия, отделяемого перерывом в возрасте как от первичного, так и от современного пойменного аллювия и соответствующего отдельным, случайным моментам фазы покоя. Современный пойменный аллювий лежит на первичном аллювии, а по краям поймы примыкает к нему или к древнему пойменному аллювию (фиг. 183).

В фазу погружения процесс накопления долинного аллювия возобновляется. В стратиграфическом отношении аллювий эпохи погружения является непосредственным продолжением пойменного аллювия без всякого перерыва в возрасте между ними. Аллювий эпохи погружения накапливается как в русловой зоне, так и в затопляемой части долины; поэтому границами отдельных слоев в нем являются и поверхности размыва и нормальные плоскости напластования. Первые преобладают в течение значительной части эпохи накопления, вторые — в конце ее, когда уже окончательно формируется поверхность нового аллювия. И в этом аллювии, как и в первичном, образуется пойменная часть, аллювий которой отделен от главной его массы резким перерывом в возрасте. Если процесс погружения повторится, этот пойменный аллювий ляжет в основание аллювиальной толщи новой эпохи погружения. Таким образом при повторном накоплении аллювия пойменный аллювий резко различается по возрасту от нижележащего аллювия и сливается с вышележащим (фиг. 184).



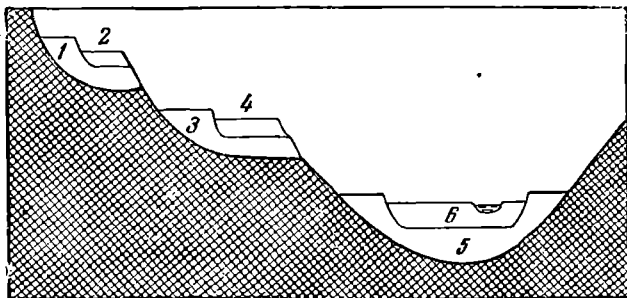
Фиг. 184. Схема возрастного соотношения пойменного аллювия с аллювием эпох погружения. Одинаково заштрихованные толщи одновозрастны.

При понижении базиса эрозии, т. е. с началом нового эрозионного цикла, русло реки прорезает старый аллювий, как пойменный, так и первичный, и врежется в подстилающие коренные породы. Тем самым аллювий прежней долины выходит из непосредственного воздействия русла реки. Так как пойменный аллювий всегда является современным, то, раз оставшись на речной террасе, он по своему возрасту довольно точно отвечает самому концу эрозионного цикла. Таким образом террасовый аллювий в своем типичном развитии представлен двумя, резко различными по возрасту горизонтами, первичным — соответствующим началу эрозионного цикла, и пойменным — соответствующим самому его концу; середина эрозионного цикла не представлена.

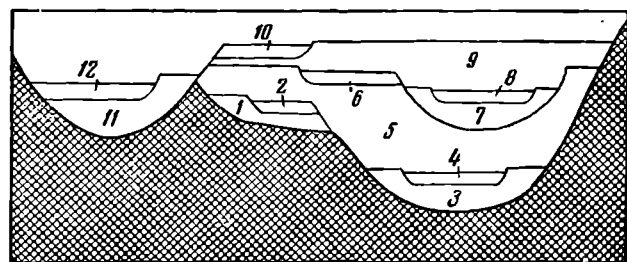
Врезание русла в коренные породы является процессом прямо противоположным накоплению аллювия. Поэтому для фазы углубления долин какие-либо отложения, за исключением руслового аллювия на непрерывно снижающемся уровне, не характерны. При соответствующих условиях в фазу углубления возникают террасы промежуточного уровня (см. гл. XIII, 4), покрытые пойменным аллювием, соответствующим по возрасту отдельным, случайным моментам фазы углубления. Эти террасы

весьма недолговечны и уничтожаются или в ту же фазу углубления или в начале фазы расширения долин. По окончании углубления, т. е. по достижении рекою нового высотного положения, начинается накопление аллювия нового эрозионного цикла, идущее совершенно тем же порядком, что и на более высоком уровне.

Разница в возрасте между нижними горизонтами нового аллювия и пойменным аллювием террасы определяется длительностью фазы углубления. Если породы мягкие и величина углубления незначительна, то и эта разница невелика. В этом случае пойменный аллювий террасы может быть гораздо ближе по своему возрасту к долинному аллювию, чем



Фиг. 185. Схема стратиграфического соотношения аллювия различных циклов эрозии. Цифры указывают последовательность возраста.



Фиг. 186. Схема стратиграфического соотношения аллювия эрозионных циклов, усложненных фазой погружения. Цифры указывают последовательность возраста.

к террасовому. Таким образом при нормальном эрозионном цикле, не усложненном фазой погружения, каждому циклу соответствует свой определенный уровень, на котором происходит накопление аллювия. Более поздние уровни располагаются под более ранними, чем долинный аллювий очень сильно отличается от осадочных пород, отлагающихся в областях аккумуляции (фиг. 185). Мало того, при отложении аллювия на низшем уровне аллювий высшего уровня, как правило, подвергается полному уничтожению, и для его сохранения требуется наличие специальных условий. Если

эти условия отсутствуют, то более древние циклы эрозии оказываются совершенно не представленными отложениями, и восстановление полной стратиграфической картины долинных отложений становится невозможным. Когда эрозионные циклы усложняются фазой погружения, то условия для сохранения аллювия древних циклов более благоприятны, но стратиграфическая картина иногда получается чрезвычайно запутанной (фиг. 186), так как более молодой аллювий располагается то на низших, то на высших уровнях.

Отдельным фазам эрозионного цикла может быть дана следующая стратиграфическая характеристика:

1. Фаза углубления долины. Переход от высшего, более древнего уровня к низшему, более молодому. Перерыв в накоплении аллювия. Отложения могут быть представлены: а) пойменным аллювием промежуточных уровней, б) русловым аллювием. И тот и другой, как правило, существуют лишь в течение фазы углубления. Первый уничтожается, второй изменяет возраст с ее окончанием.

2. Фаза заполнения долины. Интенсивное накопление аллювия на новом уровне. Аллювий без существенных изменений сохраняется в течение всего эрозионного цикла, а при благоприятных условиях и в течение нескольких циклов.

3. Фаза покоя. Перерыв в накоплении аллювия. Производится лишь постоянный его переувлажнение в пределах пойменной части долины с соответствующим изменением возраста. Вне поймы — накопление коллювия и пролювия. Отложения фазы представлены: а) коллювием и пролювием, б) участками древнего пойменного аллювия (не всегда), в) современным пойменным аллювием. С переходом на новый уровень переувлажнения прекращается, чем возраст его фиксируется, как соответствующий самому концу эрозионного цикла.

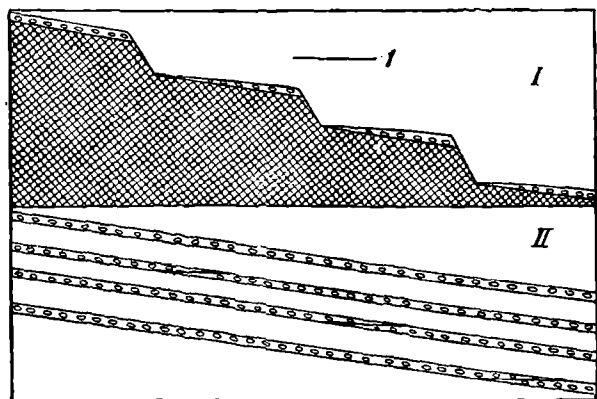
В продольном профиле долины стратиграфия аллювиальных отложений также отличается некоторыми особенностями. Если в поперечном профиле долины эрозионные циклы, отмечаемые различными уровнями накопления аллювия, и отдельные фазы их, отмечаемые тем или иным горизонтом долинных отложений или перерывом в накоплении аллювия, представляют вполне определенные, четко обрисованные моменты времени, к которым может быть привязан весь стратиграфический разрез долинных отложений, то в продольном профиле долины это далеко не так.

Отложение первичного аллювия на определенном уровне приурочено, как мы знаем, во времени к фазе накопления наносов эрозионного цикла, а в пространстве — к зоне заполнения долин речной сети. Различные участки речной сети находятся одновременно в различных фазах преобразования. Чем ниже по течению, тем раньше окончится углубление долины и начнется накопление аллювия; чем выше по течению, тем этот момент наступает позднее. Таким образом аллювий определенного уровня по длине речной сети не является đồngовозрастным: он тем древнее, чем ниже по течению, и тем моложе, чем выше по течению. Разница в возрасте зависит от скорости распространения глубинной эрозии вверх по речной сети и в твердых породах может быть очень велика. В соответствии с разновозрастностью аллювия и отдельные его горизонты являются разновозрастными. Галечники низовьев древнее, чем галечники верховьев речной сети; то же может быть сказано в отношении илов. Ила низовьев речной сети могут быть древнее, чем галечники ее верховьев, несмотря на то, что по всей речной сети ила подстилаются галечниками.

Таким образом эрозионный цикл и отдельные его фазы, являясь вполне определенными моментами времени для каждого данного сечения долины, в продольном ее профиле совершенно теряют свое значение как критерии времени. Когда мы говорим об определенном сечении долины или об очень небольших участках речной сети, то мы можем понимать как вполне определенные моменты времени «современный эрозионный цикл», «доледниковый эрозионный цикл», «момент выработки уровня 200-метровой террасы» и т. д. Но в приложении к значительным участкам речной сети такие определения времени теряют всякий смысл. Определенный эрозионный цикл (а вместе с тем выработка определенного уровня долинных отложений) может начаться в низовьях речной сети в доледниковое время, в сильно ослабленном темпе протекать в среднем течении во время оледенения и заканчиваться в верховьях речной сети на наших глазах. Тем самым один и тот же цикл является одновременно и доледниковым, и ледниковым и современным в зависимости от того, в каком участке речной сети мы его берем.

Прекрасным примером в этом отношении может служить р. Витим с притоками (см. гл. XIII, 11). Здесь прослеживаются уровни четырех различных эрозионных циклов и соответственно этому — три зоны углуб-

ления долин. В настоящий момент накопление аллювия происходит в трех различных участках течения реки и притом на различных эрозионных уровнях (фиг. 187). Непосредственно под крутыми участками профиля происходит накопление грубых галечников основания аллювиальной толщи, ниже по течению — все более верхних горизонтов галечников, а еще ниже — накопление илов. Все эти отложения, относящиеся к различным горизонтам аллювия и к различным эрозионным уровням, являются строго синхронными между собою. Все, что лежит под ними и ниже по течению,



Фиг. 187. Схема расположения синхронных отложений различных циклов эрозии в продольном профиле реки: I — во время врезания; II — по окончании всех циклов.

I — отложения синхронные между собой.

совершенно ясно, что аллювий современной долины в низовьях реки может быть значительно более древним, чем аллювий высоких террас в ее верховьях. Разница в возрасте может быть тем значительнее, чем медленнее протекает процесс углубления долины, т. е. чем тверже породы, в которых она проложена.

Таким образом задача стратиграфического расчленения долинных отложений какого-либо района, естественно, распадается на две части:

1) установление местных стратиграфических разрезов для целого ряда поперечных сечений речных долин;

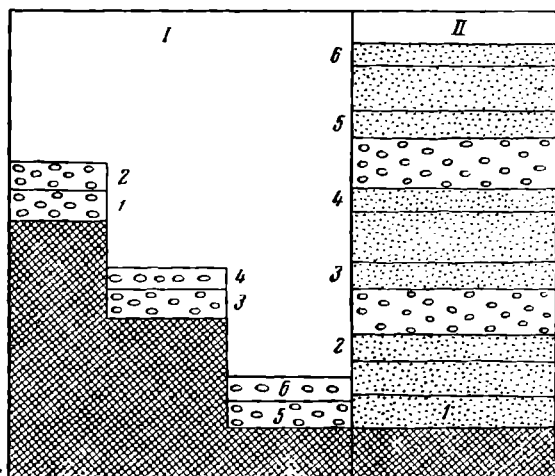
2) на основании сопоставления этих разрезов установление продольных стратиграфических разрезов отдельно для каждого уровня аллювия.

Сопоставление продольных и поперечных стратиграфических разрезов даст полную картину стратиграфии долинных отложений всего района. Для значительных по площади районов составление продольных разрезов может быть затруднено двумя обстоятельствами. Первое обстоятельство заключается в том, что прежние эрозионные уровни, представляемые речными террасами, не сохраняют постоянной свою относительную высоту на всей территории района, но меняют ее в зависимости от величины поднятия. Один и тот же эрозионный уровень может в одном участке района выражаться 40-метровой террасой, в другом 15-метровой, а по краям области поднятия постепенно сходиться на-нет, сливаясь с уровнем современной долины. При хорошей сохранности террас прослеживание изменений их уровня даже на больших протяжениях не представляет трудности. В тех же районах, где террасы сохраняются лишь отдельными обрывками, их прослеживание и параллелизация часто представляют громадные трудности. Хорошо прослеживающаяся в верховьях 40-метровая терраса ниже по течению может оказаться совершенно размытой и появиться вновь в зна-

является более древним. Все, что отложится на соответствующих уровнях над ними и выше по течению, будет более молодым. Если бы по завершении наиболее молодого эрозионного цикла могли сохраниться в виде речных террас все четыре уровня аллювия, то на трех нижних из них мы имели бы отложения, синхронные между собою, но на каждом высшем уровне они были бы значительно сдвинуты вверх по течению по сравнению с низшими уровнями. Из фиг. 187

чительном удалении от верховьев, имея высоту всего лишь 15 м. Но здесь же может присутствовать терраса высотой в 40 м, соответствующая, скажем, 120-метровой террасе верховьев. Поэтому составление соответствующих действительности продольных стратиграфических разрезов требует прежде всего самой тщательной параллелизации речных террас по всему району, без чего в стратиграфических схемах долинных отложений могут быть допущены грубые ошибки.

Особенно затруднительными становятся параллелизация террас и составление продольных стратиграфических разрезов при дифференциальных тектонических движениях, т. е. когда участки поднятия (с различной к тому же амплитудой) чередуются с участками погружения. При этом речные террасы тектонически обособленных участков часто совершенно не согласуются друг с другом, а вблизи границ с участками погружения или сходят на-нет или оказываются погребенными аллювием этих участков. Участки погружения являются вместе с тем участками устойчивой аккумуляции. Здесь стратиграфический разрез аллювия расшифровывается легче всего, так как здесь аллювий обладает нормальной стратификацией. По этой же причине здесь легче всего детализировать четвертичную хронологию для данного района и найти твердые возрастные привязки, если не для всех, то для некоторых горизонтов аллювия. Основная трудность заключается в том, чтобы параллелизовать стратиграфический разрез четвертичных отложений в участках погружения и участках поднятия. В то время как в первых более древние горизонты залегают гипсометрически ниже молодых, во вторых они залегают гипсометрически выше. Разрез отложений в участках погружения представлен значительно полнее, и многим его горизонтам в участках поднятия соответствуют перерывы в накоплении аллювия (фиг. 188). В частности, когда участки поднятия переживают фазу углубления долин, в участки погружения поступает максимальное количество материала, приводящее к максимальному накоплению аллювия. Наконец, литологически синхронные отложения тех и других участков могут сильно различаться между собою.



Фиг. 188. Сравнение стратиграфических колонок участков поднятия (I) и участков погружения (II).

Все же отложения участков аккумуляции представлены настолько полнее и расшифровываются настолько легче, что, несмотря на всю трудность параллелизации, они должны клаться в основу стратиграфического расчленения долинных отложений всегда, когда только возможно. В пределах золотоносных районов Востока участки погружения не являются редкостью. Сюда относятся тектонические долины Прибайкалья, Ленский район (во время оледенений), Верхне- и Нижнезейская равнины, Сеймчанская и Верхнеколымская впадины на Колыме и т. д.

Второе затруднение, связанное с составлением продольных стратиграфических разрезов, заключается в том, что многие долины и отдельные участки речной сети могли испытывать свои, местные, понижения базиса

эрозия. В различных участках эти понижения могли происходить в разное время и обладать разной величиной. В подобных участках поэтому возникают дополнительные эрозионные уровни, отсутствующие во всем районе в целом. Вместе с тем более ранние эрозионные уровни, имеющие региональный характер, оказываются в этих участках расположенными на большей относительной высоте. Например, регионально развитые эрозионные уровни обладают высотой в 40 м, 100 м и 200 м. В участке *A* между образованием 200 м и 100 м уровней произошло местное понижение базиса эрозии на 40 м; в участке *B* между образованием 100 м и 40 м уровней произошло местное понижение на 60 м. В результате будем иметь следующие эрозионные уровни: в участке *A*—240 м (=200 м), 140 м (местный), 100 м и 40 м; в участке *B*—260 м (= 200 м), 160 м (= 100 м), 100 м (местный) и 40 м. Особенно многочисленны бывают местные понижения базиса эрозии при крупных изменениях в очертаниях гидрографической сети; когда главная водная артерия изменяет направление своего течения, захватывая целый ряд долин притоков и углубляя их, притоки притоков испытывают местные понижения базиса эрозии на самые различные величины, и параллелизация эрозионных уровней в них становится весьма затруднительной.

Таким образом эрозионные циклы с соответствующими каждому из них эрозионными уровнями создают чрезвычайно характерные особенности стратиграфии долинных отложений. Но так как эрозионные уровни не являются одновременными во всех своих частях, то они не могут служить в региональном масштабе определенными датами времени, но сами нуждаются в какой-то возрастной привязке.

2. Четвертичная хронология

В основу стратиграфического расчленения осадочных толщ обычно кладется та или иная заключенная в них ископаемая фауна или флора. Изменения фауны и флоры во времени зависят от изменения физико-географических условий их существования. Последние же в основном определяются двумя группами факторов: климатическими и тектоническими. Именно последние обуславливают смену трансгрессий и регрессий моря, изменения режима водных бассейнов, соединения и разъединения морей между собою и пр.

В основу расчленения четвертичного периода на более мелкие единицы времени кладутся как те, так и другие факторы. В тех районах, где в течение четвертичного периода имели место трансгрессии и регрессии моря, его осадки кладутся в основу стратиграфического расчленения четвертичных отложений. Но распространение четвертичных морей в пределах современной суши было весьма небольшим, поэтому для большей части суши приходится руководствоваться в расчленении четвертичных отложений климатическими признаками. Для этого четвертичный период представляет исключительно благоприятные условия, так как в течение него происходили неоднократные смены холодных эпох, сопровождавшихся развитием ледников, и более теплых межледниковых эпох, когда ледники сильно сокращались или исчезали совершенно. Предполагают, что в различных частях земного шара ледниковые и межледниковые эпохи наступали не одновременно, почему до сего времени не существует единой стратиграфической схемы четвертичных отложений. Но все же в основу всех местных схем неизменно кладется смена ледниковых и межледниковых эпох, а тектонические движения, т. е. трансгрессии и регрессии моря, образование озер, смена эрозионных циклов и пр., в возрастном отношении привязываются к ним.

Для Европы принято следующее разделение четвертичного периода:

Эпохи	Века
Верхнечетвертичная (последнеледниковая)	{ Железный Бронзовый Неолитический
Среднечетвертичная	{ Вюрмский (W) (ледниковый) Рисс-вюрмский (R — W) (межледниковый) Рисский (R) (ледниковый)
Нижнечетвертичная	{ Миндель-рисский (M — R) (межледниковый) Миндельский (M) (ледниковый) Гюнц-миндельский (G — M) (межледниковый) Гюнцский (G) (ледниковый) Доледниковый

Это же подразделение, по возможности, применяется и для других стран, хотя точная параллелизация ледниковых и межледниковых периодов для различных стран не всегда может быть произведена достаточно уверенно. Так, для Северной Америки устанавливают пять оледенений, для параллелизации которых с европейскими существуют два варианта:

Оледенения Америки	Возможные сопоставления с Европой
1. Небрасское . . . G	Плиоцен
2. Канзасское . . . M	
3. Иллинойское . . . R	
4. Эйвовское . . . R	G
	M
5. Висконсинское . W	R и W

Все ледниковые века разделены между собою межледниковыми. Висконсинский век иногда разделяется на два (ранний и поздний), соответствующие рисскому и вюрмскому векам Европы. В этом случае число оледенений возрастает до шести.

В пределах восточной части Союза, где сосредоточена главная масса наших золотоносных районов, следы оледенений и в частности ледниковые отложения слишком недостаточно изучены, чтобы можно было их сколько-нибудь вероятно сопоставлять с ледниковыми отложениями Европы или Америки. Для большинства районов восточной части Союза определено устанавливаются три периода оледенения. Единой стратиграфической схемы четвертичных отложений Востока пока не существует за слишком недостаточным материалом. Есть лишь местные стратиграфические схемы, более или менее удачные, для отдельных небольших участков этой громадной территории. Из всех таких схем наиболее соответствующей действительности и наиболее приемлемой для большинства наших золотоносных районов нам представляется схема, даваемая М. М. Ермолаевым для Новосибирского архипелага, которая и приводится полностью (см. таблицу).

В своих низах эта схема не является очень твердой, так как время начала первого оледенения совершенно не установлено. Возможно, что оно, как и в Северной Америке, имело место еще в конце плиоцена, но скорее, наоборот, оно началось некоторое время спустя после окончания плиоцена. Тогда схема должна будет пополниться еще доледниковым веком Q₀. В настоящее время никаких данных для разрешения этого вопроса нет.

Во время первого оледенения, повидимому, почти весь восток Союза, за исключением наиболее южных частей и, может быть, наиболее пониженных участков Алданской плиты, был покрыт сплошным ледяным покровом, из-под которого торчали лишь наиболее высокие вершины, представлявшие обломочный материал на поверхность льда. Это оледенение

Схема четвертичной истории Новосибирского архипелага
(по М. М. Ермо)

	Характер эпохи	Область современного континента
Q ₅	Современная эпоха	Граница леса наступает на горы
		Отрицательное пере...
		Отступление и окончательное исчезновение горных ледников
		Третье оледенение (фаза оледенения?) в Колымских хребтах. Отступление границы леса на Таймыре и в области Хараулаха
		Слабая трансгрессия в области Северного Таймыра. Окончательное исчезновение ледников второго оледенения на Таймыре. Отступление ледников второго оледенения
Q ₄	Вторая межледниковая эпоха	
Q ₃	Эпоха второго похолодания	Развитие ледников в горных частях Северной Азии: слабое на Таймыре, более сильное в Колымских хребтах, а также накопление фирна в Хараулахе
		Таймырская трансгрессия и повышение базиса эрозии на востоке
Q ₂	Первая межледниковая эпоха	Отступление ледников великого оледенения
Q ₁	Эпоха великого оледенения	Мощное оледенение Азии
P ₁	Плиоцен	Интенсивное поднятие

пелага и соседних областей
лаву)

Область современной ближней группы Новосибирских островов	Область современной Новосибирской группы
Каменный лед отступает	Каменный лед отступает (?)

мещение уровня

Начало поднятия берега	
Отступление границы леса	Отступление границы леса
Слабое (3—5 м) повышение базиса эрозии Время <i>Alnus</i> ; приход <i>Equus</i> (?) Первый приход человека (?) Продвижение леса на север Развитие мелких озер (?)	Слабая трансгрессия в области о-ва Котельного Граница леса достигла своего крайнего северного положения Продвижение леса на север; образование моренного ландшафта на северо-востоке о-ва Котельного и Земли Бунге
Накопление фирна в мелких депрессиях рельефа	Слабое оледенение горной части о-ва Котельного
Начало расчленения Новосибирского архипелага	
Время проточных озер и уси- ления эрозии	Поднятие Новой Сибири
Отрицательное перемещение уровня	
Трансгрессия в северной части	Трансгрессия
Эпоха расцвета фауны	
Развитие крупных озер вслед- ствие повышения базиса эрозии	Развитие озер в местах, не занятых трансгрессией
Начало расчленения рельефа и возникновение термического ландшафта	
Погребение ледников продуктами дефляции горстов Накопление фирнового льда в грабенах Усиление морозного выветривания и образование «донных морен» на дне грабенов	

страны: очень сильное (?) на востоке, более слабое на западе

разыгрывалось, когда уровень речных долин был значительно выше современного. С тех пор они успели врезаться на самые различные величины в зависимости от величины поднятия соответствующих районов. Так, например, в Аллах-Юнском районе покровное оледенение разыгрывалось на уровне речных долин, 320—350 м выше современного; в Колымском районе — на уровне 380—420 м в центральных частях верхнеюрской складчатой зоны и всего лишь на уровне 80—100 м в области окаймляющего ее нижнепалеозойского фундамента, где последующие поднятия были значительно меньше. От этого оледенения сохранились как ледниковые формы рельефа, так и ледниковые отложения. Первые представлены отмершими участками древних, доледниковых речных долин, весьма многочисленными в Колымском районе; корытообразным профилем многих высоко расположенных седловин в Аллах-Юнском районе; ледниковыми пьедесталами наиболее высоких гранитных массивов в том и в другом; древними ледниковыми плато — Улахан-Чистай в Колымском районе и Мар-Кюель в Учурском и т. д.

Отложения этого периода оледенения ввиду его большой древности сохранились далеко не везде. Наиболее широко они развиты в Аллах-Юнском районе, где к ним относятся валунно-галечные отложения, покрывающие поверхность большинства возвышенностей сландевого нагорья; часть из них, возможно, представляет залегающий *in situ* аллювий надледниковых рек. Сюда же относятся многочисленные эрратические валуны, встречающиеся на возвышенностях Ленского золотоносного района. Наконец, редкие, но все же встречающиеся эрратические валуны Алданского и Колымского районов также вероятнее всего связывать именно с этим оледенением.

Первая межледниковая эпоха (Q_2) была ознаменована во всех районах неоднократными и довольно значительными понижениями базиса эрозии. В Аллах-Юнском районе в это время сформировались уровни наиболее высоких террас, до 170—200 м уровня включительно. В Колымском районе межледниковое врезание рек было еще значительнее: здесь все высокие эрозионные уровни, начиная с 80—120-метрового, относятся к первой межледниковой эпохе. В Ленском районе в это время также сформировалось несколько эрозионных уровней, которые в настоящее время являются погребенными. С этими уровнями связаны погребенные золотоносные россыпи, как долинные, так и террасовые (по В. А. Обручеву — доледниковые). Возможно, что с этими же межледниковыми поднятиями связано врезание второго эрозионного цикла долины р. Витима (а может быть даже и третьего), до сего времени не успевшее распространиться до вершины, вследствие большого удаления от базиса эрозии, твердости подстилающих пород и задержки последующими оледенениями.

Отложения этой эпохи в золотоносных районах, за исключением Ленского, почти совершенно не изучены, так как они располагаются на высоких террасах, наименее сохранившихся и к тому же не освещаемых разведочными работами. По той же причине мы не знаем, как отразилось на стратиграфии долинных отложений золотоносных районов повышение базиса эрозии, имевшее место в конце межледниковой эпохи и вызвавшее развитие Таймырской трансгрессии (первая бореальная трансгрессия). Возможно, что с этим погружением связано в Ленском районе отложение галечников, песка и илов, залегающих непосредственно под нижней валунной глиной. Сколько-нибудь твердо об этом судить нельзя, так как мы совершенно не знаем, какие из межледниковых эрозионных уровней сформировались до трансгрессии и какие после нее, т. е. на каком именно уровне можно ожидать отложений, соответствующих этому погружению.

Второе оледенение в отличие от первого обладало значительно меньшим распространением и иным характером ледников. Если первое оледенение одевало почти сплошным покровом всю восточную часть Союза, то для второго оледенения (а вместе с тем и для третьего) можно наметить три вполне определенные области оледенения, соответствующие максимальным высотам и максимальному развитию ледников. Эти крупные области оледенения — Олекмо-Витимская, Юдомо-Индигирская и Чукотско-Анадырская. Олекмо-Витимская область обнимает наиболее высокие глыбовые горные кряжи — Северно- и Южно-Муйский, Кодар, Удокан, Каларский и др. Здесь во время второго и третьего оледенений развивались мощные долинные ледники. Далее к востоку одновременно с уменьшением абсолютных высот исчезают и явные признаки последних оледенений. В верховьях бассейнов рек Зеи и Алдана и вдоль Алдано-Зейского водораздела, кроме спорадических и не всегда бесспорных следов очень небольших долинных или каровых ледничков, мы не встречаем других следов двух последних оледенений.

Еще далее к северо-востоку абсолютные высоты вновь увеличиваются, и мы вступаем в Юдомо-Индигирскую область оледенения. Центр ее примерно совпадает с мощным горным узлом, расположенным непосредственно к юго-западу от Оймяконского плоскогорья (горы Ураканча, Суантар и др.). Сюда близко подходят вершины рек Охоты, Арки, Юдомы, Аллах-Юны, Халыи, Тыры, Суантара и др. Во время двух последних оледенений не только долины этих рек, но и большинства их притоков были выполнены ледниками, достигавшими 300—400 км длины. От этой области максимального оледенения в разные стороны, преимущественно в северных направлениях, протягиваются отдельными полосками и пятнами участки менее значительного развития ледников: на северо-запад сравнительно узкая полоска Верхоянского хребта; на север через некоторый перерыв такая же полоска хребта Тас-Хаяхта; на северо-восток — разрозненные гранитные массивы верховьев Индигирки и Колымы.

Такие разрозненные участки оледенения протягиваются и далее к северо-востоку через бассейны правых притоков Колымы и в Чукотско-Анадырском районе вновь сливаются в сплошную область мощного оледенения. По своей площади и по размерам ледников эта область приближается к Юдомо-Индигирской и значительно превосходит Олекмо-Витимскую.

Характер ледников во время последних оледенений находился в зависимости от их интенсивности. В Олекмо-Витимской области преобладали долинные ледники сравнительно небольшой длины. В Юдомо-Индигирской и Чукотско-Анадырской областях преобладали колоссальные по размерам древовидные и сетчатые ледники, иногда, может быть, переходившие в небольшие участки сплошного ледяного покрова, а при благоприятном рельефе дававшие участки котловинных ледников. В изолированных участках оледенения в пределах двух последних областей развивались преимущественно ледники долинные, предгорные и колымские.

Эпоха второго оледенения (Q_2) предварялась понижениями базиса эрозии, поведшими к выработке того эрозионного уровня, на котором это оледенение разыгрывалось (Аллах-Юна — 170—200 м, Колыма — 80—120 м). Эти понижения, повидимому, произошли достаточно заблаговременно, так как в областях развития мягких осадочных пород (Юдомо-Индигирская и Чукотско-Анадырская) нет указаний на то, чтобы это оледенение разыгрывалось на двух эрозионных уровнях. Повидимому, еще до его начала последнее врезание речных долин успело распространиться до самых верховьев. В области развития твердых пород (Олекмо-

Витимская) врезание распространялось настолько медленно, что до начала оледенения новый эрозионный уровень успел выработаться далеко не везде (в вершине Витима он, повидимому, не выработан и до сих пор). Поэтому оледенение в большем удалении от базиса эрозии разрывалось еще на старом уровне, а в меньшем удалении — частично на старом, частично на новом. О том, происходили ли понижения базиса эрозии во время самого оледенения, никаких указаний не имеется.

От второго оледенения повсеместно сохранились ярко выраженные морфологические признаки. Во всех районах, испытавших два последних оледенения, ледниковые долины имеют форму вложенных один в другой двух трогов. Поверхность верхнего трога соответствует более древнему, т. е. второму, оледенению. Кроме того, во многих районах встречаются кары, расположенные на более низком гипсометрическом уровне, чем соответствующие последнему, третьему оледенению. Отложения этой эпохи представлены преимущественно моренным материалом, располагающимся на соответствующих уровнях. Эти моренные отложения констатируются на основании морфологических признаков и наблюдаемого с поверхности литологического характера, но внутреннее строение их неизвестно. В Ленском районе отложения этой эпохи представлены коллювиальными валунными глинами, содержащими прослой, линзы и т. д. пролювиальных и, может быть, аллювиальных илов (по В. А. Обручеву — донная морена и подледниковые ила). Соответствующие отложения других районов пока не изучены, так как располагаются на высоких эрозионных уровнях, сохранявшихся в большинстве случаев лишь обрывками.

Вторая межледниковая эпоха (Q_2) в большинстве районов была ознаменована неоднократными, но каждый раз не очень большими понижениями базиса эрозии, поведшими к образованию целого ряда эрозионных уровней, промежуточных между уровнями второго и третьего оледенений. В некоторых районах (а может быть, и в большинстве районов) эти поднятия не происходили последовательно одно за другим, но чередовались с периодами погружения. В пользу этого с несомненностью говорят наблюдавшиеся в Колымском районе признаки повторного накопления аллювия на различных эрозионных уровнях (50 м, 25 м, 15 м); иногда разновозрастные толщи аллювия разделены между собою погребенным растительным слоем.

Ленский район в эту эпоху испытал судьбу, отличную от других золотоносных районов. Вместо преобладающих поднятий, чередующихся с менее значительными погружениями, он в течение межледниковой эпохи испытывал преобладающее погружение, может быть лишь прерываемое остановками или небольшими поднятиями. Этим объясняется громадная разница, наблюдаемая во взаимном расположении отложений второго и третьего оледенений в самом Ленском районе и непосредственно к югу от него, в области более возвышенных горных краев. В последних отложения третьего оледенения расположены гипсометрически значительно ниже отложений второго, на дне троговой долины, глубоко врезанной в трог второго оледенения. В золотоносном районе, наоборот, отложения эпохи третьего оледенения (верхняя валунная глина) расположены гипсометрически выше отложений эпохи второго оледенения (нижней валунной глины), отделяясь от них толщей межледниковых галечников, песка и илов мощностью в несколько десятков метров.

Последние перед оледенением поднятия в большинстве районов, повидимому, произошли незадолго до начала оледенения, так как не только в областях твердых, но и в областях мягких пород они во многих случаях не успели до начала оледенения распространиться до верховьев речной сети. В более северных районах (Колымский, Аллах-Юнский)

в наиболее возвышенных их участках лед, вероятно, держался в течение всей межледниковой эпохи; в пользу этого говорит то обстоятельство, что даже в условиях мягких глинистых сланцев в этих участках ледниковые долины второго оледенения совершенно не были преобразованы речной эрозией, несмотря на то, что за это время произошло несколько понижений базиса эрозии при достаточной продолжительности межледниковой эпохи.

Третье оледенение охватило в общем те же районы, что и второе, но отличалось несколько более скромными размерами. Следы его повсюду, где оно проявилось, чрезвычайно свежи. Они представлены троговыми долинами, карами, эпигенетическими участками, разнообразными моренами, ледниковыми озерами, флювиогляциальными отложениями и пр. Все они располагаются на уровне современных долин и либо совершенно не преобразованы последующей речной эрозией, либо только начинают ею преобразовываться. Повидимому, это оледенение только что закончилось; об этом достаточно достоверно можно судить по следующим двум фактам. В Колымском районе Е. Т. Шаталовым был обнаружен небольшой отмерший конец ледника, закопавшийся в моренный материал и в настоящее время энергично стаивающий. То, что он до сего времени не успел окончательно растаять, указывает, что еще совсем недавно этот ледник был живым. В Аллах-Юнском районе долина р. Аллах-Юны была перегорожена валом конечной морены, вокруг которой река проработала эпигенетический участок, обрезав устьевые части двух своих притоков и понизив тем самым их базис эрозии. Начавшееся в связи с этим врезание притоков успело распространиться вверх по ним всего лишь на 2—3 км, несмотря на то, что оно протекает в мягких глинистых сланцах. Эта величина опять-таки может служить для примерной оценки времени, протекшего после освобождения долины р. Аллах-Юны ото льда.

Кроме уже упомянутых собственно ледниковых — моренных и флювиогляциальных отложений, эпоха третьего оледенения представлена самыми различными образованиями. Среди них прежде всего может быть отмечен аллювий ледниковой эпохи, который отложился в эпигенетических участках, образовавшихся во время оледенения в тех участках долин, которые во время оледенения переживали процесс преобразования и находились в фазе накопления наносов, и, наконец, в долинах притоков, которые оказались подпертыми ледником или его моренами. Еще более характерными для эпохи третьего оледенения являются коллювиальные и пролювиальные образования. Мощности их в таких районах, как Колымский и Аллах-Юнский, измеряется иногда 20—30 м. В Аллах-Юнском и Ленском районах в них весьма характерно большое содержание эратических валунов первого, покровного оледенения. В узких долинах Аллах-Юнского района, где эти образования достигают максимального развития, в настоящее время замечается некоторое их сокращение, благодаря размыву проточными водами. Это указывает на то, что они образовались в период предшествовавшего ослабления эрозионной деятельности.

Вдоль южной окраины восточной части Союза (Приамурье, Забайкалье), где последнее оледенение не проявилось совершенно, холодный и сухой климат ледниковой эпохи должен был сказаться в общем ослаблении эрозионной деятельности. В связи с этим отложения ледниковой эпохи здесь должны быть представлены преимущественно коллювием (и отчасти пролювием) и местами, может быть, эоловыми отложениями.

Последледниковая или современная эпоха (Q_6), как отмечено выше, только что началась. Поэтому вполне естественно, что последледниковые

отложения ни в одном из золотоносных районов не могут пользоваться очень большим развитием. В связи с оживлением эрозионной деятельности по окончании оледенения они представлены преимущественно аллювием, который может быть подразделен на следующие виды:

1. Современный пойменный аллювий во всех речных долинах. Подстилающий его первичный аллювий в большинстве случаев является межледниковым (Q_4) и в некоторых единичных случаях — ледниковым (Q_6).

2. Современный русловой аллювий эпигенетических участков, образовавшихся в связи с окончанием оледенения и стоком ледниковых озер (вокруг конечных морен, сквозь ригели и пр.).

3. Первичный аллювий тех участков долин, которые вследствие региональных или местных понижений базиса эрозии находились во время оледенения в процессе своего нормального преобразования, сопровождаемого накоплением наносов, и продолжают его по окончании оледенения или же только с этого момента его и начали. Длина таких участков, конечно, не может быть очень велика; если в небольших ключах, как указано выше, она измеряется 2—3 км, то в более крупных долинах — максимум немногими десятками километров.

4. Аллювий тех долин, послеледниковое преобразование которых происходило в рыхлых породах межледниковых (Ленский район) или ледниковых (Аллах-Юнский район). Эрозионная деятельность в рыхлых породах протекает настолько легко и быстро, что несмотря на ничтожный срок, протекший после окончания оледенения послеледниковые речные долины успели разрабататься в этих породах на значительную глубину, измеряемую иногда десятками метров, и на большом протяжении, измеряемом десятками и сотнями километров, заполнившись повсеместно послеледниковым аллювием.

В общем же по сравнению с более древним, межледниковым аллювием развитие современного аллювия совершенно ничтожно.

Во многих районах, где речные долины находятся в настоящее время в периоде своего нормального преобразования, последнее слишком непосредственно связывают с послеледниковыми поднятиями. Обычно считают, что если врезание послеледниковое, то и вызвавшее его поднятие тоже должно быть послеледниковым. К такому взгляду нет абсолютно никаких оснований. Хотя возможность послеледниковых поднятий некоторых золотоносных районов вовсе не является исключенной, но ни по одному из этих районов мы не имеем достаточно веских доказательств того, что эти поднятия действительно являются послеледниковыми. Наоборот, имеется целый ряд аргументов за то, что все эти поднятия являются или ледниковыми или межледниковыми. Действительно, врезания рек в связи с поднятиями начинаются в низовьях речной системы и оттуда распространяются вверх по течению. Так как подавляющее большинство золотоносных районов Востока располагается в верховьях речной сети, иногда в среднем ее течении, то эти врезания, если они даже действительно связаны с послеледниковыми поднятиями, никак не могли бы достигнуть золотоносных районов. Те же врезания, которые происходят сейчас во многих золотоносных районах, связаны с более древними поднятиями, так как для каждого из них, руководствуясь приведенными выше данными по Аллах-Юнскому району, можно примерно прикинуть, где это врезание протекало во время оледенения. Особенно не могут быть связаны с послеледниковыми поднятиями врезания, протекающие в твердых породах.

Ознакомившись вкратце с четвертичной хронологией и физико-географическими условиями отдельных эпох четвертичного периода, перейдем к рассмотрению методов определения возраста долинных отложений.

3. Определение возраста долинных отложений

Для определения возраста долинных отложений могут быть применены довольно разнообразные методы, которые еще более увеличиваются в своем числе в районах с разработанной стратиграфией четвертичных отложений, где возраст многих горизонтов может быть установлен по аналогии с уже известными. Как и вообще при определении возраста геологических образований, в долинных отложениях основную роль играют находимые в них органические остатки. Однако по сравнению с отложениями более древних возрастов относительная роль их здесь значительно меньше.

1. Ископаемая фауна долинных отложений представлена исключительно костями млекопитающих; изредка возможно сохранение в мерзлоте остатков трупов. Фауна беспозвоночных (ракушки и пр.), являющаяся основной для отложений морских и озерных бассейнов самого различного возраста, в долинных отложениях отсутствует в силу специфических условий их образования. Кости млекопитающих принадлежат преимущественно мамонтам, носорогам, оленю, лошади, овцебыку, бизону и т. д. Наземная фауна четвертичного периода для восточной части Союза изучена еще слишком слабо; поэтому кости млекопитающих не всегда могут дать определение возраста с желаемой точностью. Главным образом это относится к костям тех животных, которые, как мамонт, жили в течение почти всего четвертичного периода.

Следует подчеркнуть, что слой, содержащий кости, не может быть более древним, чем они, но весьма легко может оказаться более молодым. Это бывает тогда, когда он образовался за счет размыва более древнего слоя, в котором кости находились в первичном залегании. Так, например, в Колымском районе р. Буянда в своем нижнем течении расположена в пределах Сеймчанской впадины, выполненной четвертичными отложениями, в которых часто находят кости мамонта. Во время половодья река, размывая берега, вымывает из них эти кости, которые попадают в ее современный пойменный аллювий. Поэтому при нахождении в долинных отложениях костей следует убедиться, находятся ли они в первичном залегании или вымыты из более древних слоев. Если они находятся в плах, то залегание их почти наверняка первичное, так как накопление плов не связано с перемывом более древних отложений, а скорость течения при этом слишком недостаточна, чтобы кости могли быть принесены им откуда-нибудь сверху. Если кости залегают в галечнике, то, скорее всего, он моложе их, но не исключена возможность и первичного их залегания в галечнике.

Ввиду того что четвертичная фауна в связи с частой сменой ледниковых и межледниковых эпох испытывала значительные изменения и заметно разнилась от современной как по своему характеру, так и по распространению, она является наиболее надежным критерием для определения возраста долинных отложений. Параллелизация ледниковых эпох различных областей также базируется на изучении ископаемой четвертичной фауны.

2. Ископаемая флора долинных отложений менее удобна для определения их возраста, нежели ископаемая фауна. Объясняется это тем, что четвертичная флора по своему не только родовому, но и видовому составу является весьма постоянной. В течение четвертичного периода происходили лишь изменения в географическом распределении отдельных ее видов, обусловленные изменениями климатических условий. Таким образом изучение ископаемой четвертичной флоры может нам дать указания лишь на смену более теплых и более холодных периодов. Характер растительности в погребенных растительных слоях межлед-

никовых эпох соответствует более теплому климату, в слоях ледниковых эпох — более суровому. Так, например, погребенные растительные слои, встречаемые в Колымском районе в аллювии 15 м, 25 м и 50 м эрозионных уровней, всегда в изобилии содержат стволы и ветви березы, которая в настоящее время пользуется лишь очень небольшим развитием в районе. Ископаемая береза иногда наблюдается в аллювии даже тех долин, в бассейне которых в настоящее время береза не произрастает совершенно. Это прекрасно согласуется с межледниковым (Q_4) возрастом этих эрозионных уровней.

В тех случаях, когда ископаемая флора попадает в долинные отложения по мере их накопления, она является с ними одновозрастной. Если же мы имеем погребенный растительный слой, залегающий на границе двух разновременных горизонтов аллювия, то он соответствует по своему возрасту самому основанию верхнего горизонта и может очень сильно разниться от нижнего, на котором он в свое время произрастал. Так, растительный покров, развивающийся на поверхности ледниковых илов, может подвергнуться погребению в межледниковую эпоху, которой он и будет соответствовать по своему характеру. Находимые в погребенном состоянии древесные корни, пни, стволы, ветви в большинстве случаев дают лишь родовое определение; для более точного определения вида необходимо нахождение листьев или плодов (шишек).

В последнее время с большим успехом применяется метод пылевого анализа. Древесная пыльца, попадая в болотные слои или в слои тонкого, илистого или глинистого материала, сохраняется там в течение чрезвычайно длительного срока. Отмученная из них и изученная под микроскопом, она дает не только вполне точное видовое определение древесных пород, но и процентное их участие в составе лесов соответствующего времени. Этот метод еще совершенно не применялся для изучения стратиграфии долинных отложений наших золотоносных районов, но примененный в Европейской части Союза и особенно в Западной Европе, он неизменно давал прекрасные результаты. Кроме самих растительных остатков, непосредственно их подстилающий ископаемый почвенный слой также может иногда дать указания на характер прежнего климата, ибо интенсивность и тип процессов почвообразования определяется в основном климатическими условиями.

3. Ледниковые отложения в тех районах, которые подвергались оледенению, благодаря своему исключительно характерному литологическому составу и связи с ледниковыми формами рельефа, могут служить прекрасными маркирующими горизонтами долинных отложений, к которым обычно и привязывается вся их стратиграфия. Большое достоинство этого метода заключается в том, что он весьма прост и без всяких специальных исследований, тут же в поле, дает совершенно бесспорно возрастные соотношения различных горизонтов долинных отложений с эпохами оледенения. Недостатками этого метода является то, что он применим лишь в тех долинах, которые непосредственно подвергались оледенению; соотношение с ледниковыми эпохами во многих случаях дается лишь приближенно (старше, моложе); не всегда возможно различить длительную эпоху оледенения от небольшой фазы наступания ледника, почему параллелизация стратиграфических разрезов различных районов всегда может быть произведена.

В тех долинах и целых районах, которые не подвергались оледенению, стратиграфический разрез долинных отложений приходится привязывать к эпохам оледенения на основании более патетких литологических признаков. Так, например, развитие мощных коллювиальных, пролювиальных или золовых отложений не бесспорно, но довольно вероятно может связываться с эпохами оледенения. Наличие пластов погребенного льда

также может с большой долей вероятности относиться за счет ледниковых эпох.

4. Т е к т о н и ч е с к и е д в и ж е н и я также могут быть положены в основу определения возраста долинных отложений, но с большими оговорками. Поднятия или опускания какого-либо района представляет вполне определенный, обычно достаточно короткий отрезок времени. Поэтому они могут увязываться с ледниковыми эпохами и, может быть, даже иногда служить для их параллелизации в различных районах. Но тектонические движения сказываются непосредственно лишь в низовьях речной сети, где они тотчас вызывают ее врезание или погребение. На морском побережье они приводят к образованию морских террас, посредством которых они прекрасно увязываются со стратиграфическим разрезом прибрежных морских и береговых аллювиальных отложений. В среднем течении и особенно в верховьях речной сети тектонические движения отражаются некоторое, иногда очень продолжительное время спустя, сам же момент поднятия или опускания в стратиграфии долинных отложений ничем не фиксируется. Чем тверже породы, маловоднее река и чем дальше отстоит район от базиса эрозии, тем позднее в нем сказывается тектоническое поднятие. Учитывая все эти условия и скорость распространения врезания при их наличии, а также зная возраст поднятия, с которым связано формирование нового эрозионного уровня, можно весьма приблизительно оценивать и возраст последнего в различных участках речной сети. Если этот возраст определен достаточно точно хотя бы в нескольких точках речной сети, то во всех остальных точках он может определяться при сравнительно небольшой погрешности путем сравнения и интерполяции.

Лишь в тех случаях, когда эрозионная деятельность протекает не в коренных, а в рыхлых породах, речная сеть весьма быстро реагирует на тектонические движения, которые поэтому лишь с очень небольшим запозданием фиксируются в стратиграфическом разрезе долинных отложений. Повторное накопление аллювия в результате погружения страны хотя и распространяется от низовьев речной сети к ее верховьям, но с настолько большой скоростью, что в стратиграфическом разрезе долинных отложений этот горизонт может считаться почти одновременным по всей речной сети и таким образом является хорошей стратиграфической привязкой долинных отложений к определенному моменту времени, именно, к моменту тектонического погружения страны.

5. Последующие и з м е н е н и я долинных отложений, заключающиеся в заиливании аллювия, выветривании слагающей его гальки, выветривании плотика и т. д., в некоторых случаях могут служить дополнительными признаками для сравнительного определения возраста тех или иных горизонтов, но пользоваться ими надо с очень большой осторожностью. Наиболее полезны они могут быть, пожалуй, при расшифровке очень сложных стратиграфических разрезов, возникающих иногда при смене эрозионных циклов, усложненных фазой погружения. Например, степень выветрелости плотика может сильно помочь в установлении относительного возраста горизонтов 1, 3 и II (см. фиг. 186).

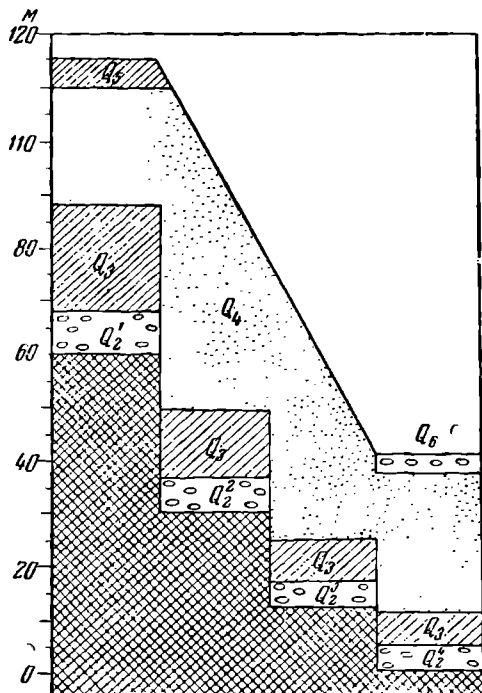
6. С р а в н е н и е с уже расшифрованными стратиграфическими разрезами близлежащих районов является одним из очень полезных и часто применяемых методов. При этом возможно пользование самыми разнообразными признаками, которые сами по себе отнюдь не указывают на тот или иной возраст отложений. Так, например, помимо высоты залегания и общего литологического характера отложений, возможно сопоставление таких признаков, как их мощность, определенное чередование различных слоев, цвет отложений, петрографический состав гальки, минералогический состав шлихов и вообще песчаного материала, хими-

ческий состав илов и глин, процентный механический состав обломочного материала и степень его окатанности и т. д.

По совокупности всех признаков, могущих лечь в основу стратиграфического расчленения долинных отложений, полный стратиграфический разрез их может быть установлен достаточно достоверно и точно в каждом золотоносном районе. К сожалению, до сего времени ни по одному из них мы такого разреза не имеем.

4. Примеры стратиграфии россыпей

Из всех золотоносных районов наилучше изученным благодаря работам В. А. Обручева является стратиграфический разрез россыпей Ленского района. С теми поправками на число оледенений и генезис



Фиг. 189. Стратиграфическая колонка долинных отложений Ленского района.

валунных глин, которые уже были разобраны выше, разрез этот может быть представлен в следующем виде (снизу вверх) (фиг. 189):

Q_1 —эпоха первого оледенения. Многочисленные эрратические валуны на поверхности возвышенностей.

Q_2 —первая межледниковая эпоха. Формирование нескольких эрозийных уровней. На каждом из них золотоносные россыпи. Известны остатки трех уровней: 60—65 м, 28—35 м и 9—13 м, с залегающими на них террасовыми россыпями и широко распространенный четвертый, наиболее низкий уровень с залегающими на нем долинными россыпями. Мощность аллювия на этих уровнях от 1—2 до 5—10 м. Довольно обычна, хотя и незначительна, примесь эрратических валунов первого оледенения. Из органических остатков в этих отложениях найдены: обломок таза и коренной зуб мамонта, большая берцовая кость носорога и часть черепа с пеньками рогов *Ovis Argali*.

Q_3 —эпоха второго оледенения. Некоторое погружение района. Накопление галечников, песка, аллювиальных и пролювиальных илов и мощной коллювиальной глины с эрратическими валунами первого оледенения. Мощность всей толщи колеблется от 2—4 до 6—8 м, иногда достигая 15—20 м.

Q_4 —вторая межледниковая эпоха. В связи с окончанием оледенения оживление эрозийной деятельности. Длительное погружение района, поведшее к мощному накоплению аллювия и глубокому погребению прежних эрозийных уровней. Отложения представлены разнообразными галечниками, крупными и мелкими, с песчаным, илистым или глинистым цементом, песком, аллювиальными, пролювиальными и озерными илами. Довольно часты языки коллювиальной глины и иногда погребенные растительные слои, указывающие на останки в погру-

жении. Общая мощность межледниковых отложений измеряется десятками метров, достигая иногда 120—150 м. Иногда в их толще встречаются сравнительно небогатые золотоносные струи, отмечающие периоды кратковременного усиления эрозионной деятельности и, может быть, некоторого врезания русла.

Q_5 — эпоха третьего оледенения. Ослабление эрозионной деятельности. Накопление в бортовых частях долин верхней коллювиальной глины с эрратическими валунами первого оледенения. Вероятно, во второй половине эпохи началось врезание рек в межледниковые наносы (Q_4), обусловленное последним значительным понижением базиса эрозии (ледниковым Q_5 или даже межледниковым Q_4). Шедшее вначале довольно вялым темпом, это врезание в конце эпохи оживилось в связи с общим оживлением эрозионной деятельности. Мощность верхней валунной глины, успевшей накопиться за это время, колеблется от 2 до 5 м.

Q_6 — последняя (современная) эпоха. Общее оживление эрозионной деятельности. Продолжение врезания, начавшегося еще в предыдущую эпоху, местами до коренных пород, а в устьевой части р. Бодайбо до глубины 80 м, в их толщу. Формирование современного пойменного аллювия очень небольшой мощности, местами заключающего при своем основании сравнительно небогатые золотоносные струи.

Такова в общих чертах стратиграфическая картина долинных отложений Ленского района. Несмотря на большую давность работ в районе, она еще очень мало разработана и в дальнейшем, несомненно, пополнится многими интересными деталями.

В сравнительно молодом Алданском районе стратиграфия долинных отложений совершенно не разработана. Здесь наиболее резко представлены два эрозионных уровня — древний 170-метровый и современный. В южной части района древний эрозионный уровень совпадает с денудационным уровнем Алдано-Тимптонского пенеппена. Так как выработка пенеппена требует длительных периодов времени, то надо думать, что этот уровень является очень древним, во всяком случае доледниковым (Q_0), а может быть и плиоценовым. Современное 170-метровое врезание рек южной части района, несомненно, обусловлено не одним, а несколькими последовательными и разновременными его поднятиями. Более ранние врезания, задержанные большой твердостью пород, ледниковыми эпохами или иными причинами, объединились более поздними в единое 170-метровое врезание. В пользу этого достаточно убедительно говорят речные террасы различных уровней, встречающиеся ниже по течению в долине Алдана, а местами (хотя довольно редко) и в пределах золотоносного района.

Эти террасы в самом золотоносном районе не изучены совершенно, в долине Алдана изучены лишь морфологически, но опять-таки не изучены стратиграфически. С. Ф. Егоров насчитывает здесь не менее 30 террас, возвышающихся над современной долиной Алдана до 400 м. На самом деле, число эрозионных террас значительно меньше, так как очень многие из террас, вошедших в подсчет, по моим наблюдениям представляют не что иное, как уступы склонов, обусловленные их выветриванием в связи с геологической структурой (абразионная поверхность докембрия, пласты твердых горизонтально лежащих известняков и т. д.); другие же — так называемые «нагорные террасы», сложенные россыпями каменных глыб и обусловленные особенностями их перемещения. Но все же и число настоящих эрозионных террас должно быть достаточно велико. Так, С. Ф. Егоров отмечает, что «наиболее резко выражены и часто повторяются террасы, с отметками в 25 и 55 м. Эти террасы сложены как древним аллювием, так и коренными породами и независимо от геологического

строения сохраняют постоянство высотных отметок и общих морфологических черт».

Все такие эрозионные террасы, заключенные между 170-метровым и современным уровнями, представляют значительную часть четвертичной истории района. Поскольку они совершенно не изучены, стратиграфия низов и середины четвертичных долинных отложений района является для нас совершенно темной. До сего времени даже неизвестно, имеются ли хотя бы на одном из этих уровней золотоносные россыпи или нет. Последние встречены лишь на двух уровнях — 170-метровом и современном. Первые являются очень древними, скорее всего доледниковыми (Q_0), т. е. более древними, чем глубокие россыпи Ленского района.

Исключительно интересной и своеобразной, но опять-таки совершенно не разработанной, является стратиграфия долинных отложений Аллах-Юнского района. Здесь работающиеся и разведываемые в настоящее время россыпи расположены на уровне современных долин, т. е. на наинизшем эрозионном уровне, но несмотря на это, они обладают самым различным возрастом от межледниковых (Q_4) до современных. В зависимости от возраста и истории своего образования долинные отложения даже одного и того же уровня обладают весьма различной мощностью — от нуля в современных россыпях (где все золото в трещинах плотика) до 25—35 м в погребенных межледниковых россыпях. Иногда, казалось бы, совершенно необъяснимые скачки в мощности долинных отложений доставляли и доставляют очень много хлопот шурфовочной разведке.

Приблизительная схема стратиграфии долинных отложений района по имеющимся на сегодня многочисленным, но совершенно разрозненным данным может быть представлена в следующем виде:

Q_0 — доледниковая эпоха. Формирование 320—350-метрового эрозионного уровня.

Q_1 — эпоха первого оледенения. Развитие мощного покровного ледника. Обширное распространение эвратических валуно-галечных отложений на поверхности возвышенностей, особенно на их склонах и в седловинах. Местами, возможно, залегающий *in situ* аллювий падледниковых рек.

Q_2 — первая межледниковая эпоха. Сокращение и исчезновение покровного ледника. Выработка 170—200-метрового эрозионного уровня. Вероятно бывшее существование и более высоких, сейчас совершенно уничтоженных эрозионных уровней, промежуточных между 350 и 200 м.

Q_3 — эпоха второго оледенения. Развитие громадных долинных ледников в сотни километров длиной. Образование мощных моренных и флювиогляциальных отложений на 170—200-метровом уровне, вероятно, в значительной мере, с переработкой более древнего аллювия.

Q_4 — вторая межледниковая эпоха. Сокращение и почти полное исчезновение ледников. Возможно, что в наиболее возвышенных участках района небольшие ледники подножия существовали в течение всей эпохи. Оживление эрозионной деятельности; выработка целого ряда эрозионных уровней вплоть до современного. Наиболее древние уровни, вероятно, связаны еще с поднятиями ледниковой эпохи Q_3 . Отложения представлены террасовым различных уровней и долинным аллювием. Известные до настоящего времени россыпи связаны лишь с последним; террасы не разведаны.

Q_5 — эпоха третьего оледенения. Новое развитие мощных долинных ледников. Ослабление эрозионной деятельности. Выпахивание доледникового аллювия в области питания ледников и глубокое погребение его в области ледникового отложения. Накопление

мощных донных и конечных морен и флювиогляциальных отложений. Подпирающие золотоносных притоков с накоплением в их низовьях мощного аллювия до верхнего уровня донных морен или с образованием озер и спуском их через эпигенетические участки. Местами заход ледяных языков в низовья золотоносных притоков с погребением их россыпей донными моренами. Развитие мощных конусов выноса и коллювиальных отложений, оползавших преимущественно с южного, освещенного солнцем склона; в связи с ними местами подпирающие долины с образованием озер и эпигенетических участков.

Небольшие тектонические движения — поднятия и опускания, и в связи с ними — врезания и погребения речной сети до границы ледников. Роль первых увеличивается к северу, по направлению к рекам Белой и Тыре, роль вторых — к югу, по направлению к р. Юдоме. Поэтому в южной части района межледниковые россыпи (Q_4) залегают глубже, мощность долинных отложений достигает 25 м, в среднем более 10 м. На глубине 10—13 м встречаются мощные пласты погребенного льда. По мере отступления ледника освобожденные от него участки долин преобразовывались водной эрозией; аллювиальные поймы глубоко врезались в толщу донных морен и аллювия ледниковой эпохи. Долины некоторых притоков при этом, повидимому, прошли полный цикл преобразования с перемывом межледниковых россыпей и преобразованием их в россыпи конца ледниковой эпохи (Минор, вероятно, также Батыла, Бахайя и др.). Местами значительная мощность аллювия, врезанного в толщу донной морены, показывает, что погружение района имело место уже после начала отступления ледника. Весьма возможно, что небольшие поднятия и погружения района чередовались неоднократно. По мере сокращения размеров ледников ледниковая эпоха постепенно сменялась послеледниковой.

Q_6 — послеледниковая (современная) эпоха. Постепенное сокращение и, наконец, полное исчезновение ледников. Возникновение многочисленных озер в котловинах выпавхания и в системе донных и конечных морен. Озера конечных морен к настоящему моменту спущены через морены или через эпигенетические участки, остальные существуют до настоящего времени. Постепенный перемыв отложений ледниковой эпохи — моренных, флювиогляциальных, коллювиальных и пр., с образованием современного пойменного аллювия. Приспособление продольных профилей притоков к врезанным в толщу донных морен руслам крупных рек. Продолжение и окончание врезаний, связанных с последними поднятиями ледниковой эпохи. Новые врезания притоков в связи с местными понижениями их базиса эрозии при образовании эпигенетических участков вокруг конечных морен крупных долин. С теми и другими врезаниями связаны современные россыпи.

Глубина залегания россыпей района, их характер, валунистость, распределение в них металла и пр. целиком зависят от времени их образования и последующей истории вмещающих их долин, которая пока еще слишком недостаточно изучена. Когда стратиграфия долинных отложений района будет достаточно проработана, освоение его россыпных месторождений разведочными и эксплуатационными работами очень сильно облегчится. То же самое остается в силе и для любого золотоносного района, так как всякое изучение россыпных месторождений может быть надлежащим образом выполнено лишь на хорошей стратиграфической основе.

Глава XXIII

МОРФОЛОГИЯ РОССЫПЕЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В НИХ МЕТАЛЛА

1. Общие замечания о форме россыпей

Понятие «россыпь» может употребляться в различных смыслах. Под россыпью в узком смысле слова понимают лишь металлоносную залежь, не включая сюда перекрывающие ее торфа. Так, говорят о мощности россыпи, ее выклинивании, перерывах в ней, относя все это только к металлоносной залежи. В более широком смысле в понятие россыпи включают не только металлоносные пески, но и перекрывающие их торфа. В первом смысле понятие россыпь обычно применяют при раздельной добыче торфов и песков (мускульные, экскаваторные работы), во втором — при сплошной их выемке (дражные, гидравлические работы).

Даже примененное в более узком смысле слова понятие россыпь не является достаточно определенным. Содержание металла в металлоносной залежи может непрерывно меняться от нуля до очень значительных величин. Иногда под россыпью понимают лишь промышленную часть металлоносной залежи, т. е. ту, из которой с выгодой может извлекаться металл. Выгодность извлечения металла определяется ценами на него, состоянием техники, экономическим положением района и т. д. В зависимости от изменения всех этих факторов во времени будут изменяться и границы россыпи, а вместе с тем и ее форма. С повышением цен на металл, с введением новых технических усовершенствований, с улучшением экономического положения района (проведением дорог, сельскохозяйственным освоением и пр.) требования к содержанию металла в россыпи понижаются, те части металлоносной залежи, которые ранее находились вне промышленных контуров, могут оказаться принадлежащими к промышленной россыпи. И даже целые металлоносные залежи, не бывшие ранее россыпями, могут стать таковыми.

Чаще под россыпью понимают всю металлоносную залежь, независимо от ее промышленной ценности в данный момент. В этом случае, конечно, следует различать россыпи непромышленные и промышленные (на данный момент), а в пределах последних промышленные и непромышленные их части. Границы между ними в зависимости от изменения технико-экономических условий могут сильно изменяться в ту и иную сторону; при этом, конечно, будет соответственно меняться и форма промышленной части россыпи. Но форма всей россыпи в целом будет оставаться постоянной, будучи независимой от технико-экономических условий. В дальнейшем изложении, говоря о форме россыпи, мы будем подразумевать под ней форму всей металлоносной залежи, независимо от ее промышленной ценности, но особо выделяя форму промышленной ее части.

К краям россыпи содержание металла падает, и она совершенно постепенно переходит в пустые, не содержащие металла наносы. Но и в последних очень точными методами или при опробовании больших масс может быть обнаружено хотя бы ничтожное содержание металла. Поэтому контуры всей россыпи являются довольно расплывчатыми, и надо договориться, где именно их проводить; при этом, конечно, любым способом проведенные контуры будут в равной мере условными. Самое удобное — исходить из следующих, чисто технических соображений. При шурфовочной разведке россыпей для опробования выкидов из шурфов порода для промывки берется в количестве одной ендовки, составляющей $0,02 \text{ м}^3$, и лишь при обнаружении металла берутся повторные пробы, опять-таки в размере одной ендовки каждый раз. Взвешивание проб при подсчете запасов обычно ведется с точностью до 1 мг; пробы менее 1 мг весом уже не взвешиваются, а записываются, как «знаки». Таким образом цифровая характеристика содержания металла в россыпи по данным шурфовочной разведки возможна лишь при содержаниях не менее $0,050 \text{ г/м}^3$; меньшие содержания могут получиться лишь как среднее арифметическое из нескольких ендовок, показавших различные результаты. Но так как при подобных содержаниях повторные ендовки обычно не промываются, такие случаи достаточно редки. Указанную цифру — $0,050 \text{ г/м}^2$ мы и можем принять как предельную при определении контуров всей россыпи; за ее пределами наносы или являются пустыми или содержат лишь знаки.

Непромышленная часть россыпи может в свою очередь подразделяться на несколько частей. Так, в настоящее время у нас принято разделение запасов металла на активные, пассивные или резервные (которые в свою очередь делятся на резерв 1-й очереди и резерв 2-й очереди) и непромышленные. Активными называются запасы промышленные на данный момент; резервными те, которые могут стать промышленными с введением некоторых мероприятий, с завозом в район необходимого оборудования или с улучшением его экономических условий. Каждая из частей россыпи обладает своими контурами, своей формой и своими запасами металла, которые со временем могут меняться. Лишь контуры, форма и запасы металла всей россыпи остаются постоянными. Когда в понятие россыпи включаются и торфа, вопрос о ее форме значительно упрощается, так как можно говорить лишь о ее контурах в плане, размеры же ее по вертикали определяются всей мощностью долинных отложений.

2. Содержание металла в россыпи

Содержание металла в россыпи у нас принято измерять в граммах на один кубический метр породы (г/м^3). В прежнее время содержание металла измерялось у нас в русских мерах — в золотниках и долях на 100 пудов породы: 1 золотник составляет 4,266 г, 1 доля — 44,435 мг (1 г = $\approx 22,5$ доли); 100 пудов примерно равны 1 м^3 , как это и принято в дальнейшем изложении при использовании старых данных. Так как рентабельность россыпи определяется соотношением между содержанием в ней металла и стоимостью обработки 1 м^3 породы, иногда содержание металла переводят в ценностное выражение. Это очень удобно для всевозможных эксплуатационных расчетов и проектов, но неудобно во всех остальных отношениях. Цена одного грамма 1000-пробного золота составляет в золотом исчислении 1 р. 29,1 к., но себестоимость в дензнаках подвержена значительным колебаниям и различна для разных предприятий. Платина в несколько раз дороже золота, но она является товарным металлом, и цена на нее даже в золотом исчислении подвержена очень

сильным колебаниям в зависимости от спроса и предложения ее на мировом рынке.

Содержание металла и запасы его в определенном участке россыпи, подсчитанные в весовом выражении, являются постоянными и не зависят от колебаний цен на металл. Подсчитанные в ценностном выражении, они целиком зависят от цен на металл и с изменением их должны каждый раз пересчитываться; в этом громадное неудобство ценностного выражения. Американцы выражают обычно содержание металла в центах на 1 куб. ярд; 1 грамм золота стоит 66,46 цента в золотом исчислении; 1 м³ составляет 1,3097 куб. ярда (1 куб. ярд = 0,76456 м³). Таким образом, 1 г/м³ составляет 50,81 цента/куб. ярд, и 1 цент/куб. ярд составляет 19,68 мг/м³. С отменой золотого обеспечения доллара такая система подсчета, несомненно представляет неудобства.

Следует различать истинное содержание металла в каждой данной точке россыпи и среднее содержание по тому или иному ее участку. При неравномерном распределении металла в россыпи и крупности его частиц обе эти величины могут сильно разниться между собою. Иногда металлы в очень большом количестве скапливаются в тонком слое (иногда всего 1—2 см толщиной) непосредственно на поверхности плотика. Если взять пробу только из этого слоя, то она может показать необыкновенно высокое содержание металла, измеряемое сотнями и тысячами граммов на 1 м³. Но если то же содержание распределить хотя бы на 40 см мощности пласта, то оно окажется вовсе не столь значительным. Опытные поисковики иногда этим пользуются для взятия эффектных поисковых проб: набирая породу в лоток лишь из самого спая аллювия с плотиком, они получают богатые пробы, которыми можно похвастаться, но которые отнюдь не характерны для опробованной долины. Во избежание таких дутых проб опробуемый слой должен иметь при поисках мощность не менее 20 см.

Разведочные шурфы обычно проходят сечением $1,80 \times 1,40$ м², иногда сечение уменьшается до $1,60 \times 1,25$ м²; таким образом площадь поперечного сечения составляет 2,5 или 2 м². Опробование шурфов производится через каждые 20 см, для чего порода с каждой 20 см проходки выкладывается около шурфа отдельной кучкой. Объем породы с одной проходки составляет 0,5 или 0,4 м³, из которых лишь 0,02 м³, т. е. $\frac{1}{25}$ или $\frac{1}{20}$ часть, берется как проба. Для того чтобы взятая проба достаточно хорошо представляла среднее содержание по проходке, необходимо равномерное распределение металла в выложенной породе, для чего она должна быть тщательно перемешана. Для проверки берут вторую пробу и обычно третью — контрольную. Если данные всех трех проб близки друг к другу, значит металл распределен в выложенной породе достаточно равномерно, и взятые пробы могут характеризовать среднее содержание его по проходке. Если пробы сильно разнятся между собою, то либо принимают приблизительно среднее арифметическое из них за среднее содержание по проходке, либо берут еще пробы, так как чем больше число проб, тем ближе среднее арифметическое из них совпадает со средним содержанием по проходке. При очень неравномерном распределении металла самое лучшее промывать в промышленных шурфах всю выложенную породу.

Иногда прибегают к дополнительному опробованию бортов шурфа, беря пробы или по его углам или, лучше, по стенкам — равномерной задиркой по отдельным проходкам. При равномерном содержании металла все пробы в пределах одной проходки близки друг к другу; особенно хорошее совпадение может быть при очень мелком металле и глинистом составе песков. При неравномерном распределении металла пробы сильно разнятся между собою, особенно резко при крупном металле, сухом,

речниковатом составе песков и сланцевом плотике. Иногда проба с одного борта дает лишь знаки, с другого, в той же проходке — несколько граммов с ендовки. Часто даже две пробы, взятые совсем рядом, дают резко различные результаты. В Аллаха-Юнском районе мне удалось убедить одного инженера-разведчика, довольно хорошо владевшего лотком, в том, что он совершенно не умеет мыть; пробы, взятые им в подмытом рекою борту при самом плотике неизменно давали лишь знаки, мои же пробы, взятые здесь же, давали хорошее золото. Вся разница заключалась в том, что я брал пробы всего лишь на 10—20 см левее его. Возможность столь неравномерного распределения металла особенно приходится учитывать при поисковых работах.

Полученные путем опробования средние содержания по отдельным проходкам дают картину распределения металла в шурфе по вертикали. Даже при неравномерном распределении металла средние содержания по проходкам обычно не дают таких неправильных скачков, как отдельные пробы. Чаще всего одна или несколько проходок в вертикальном разрезе шурфа являются наиболее богатыми, и от них содержание металла убывает с той или иной скоростью в обе стороны — как вверх, так и вниз. Из средних содержаний по проходкам выводится среднее содержание по шурфу. Обычная формула для определения среднего барицентрического:

$$\frac{d_1 \cdot q_1 + d_2 \cdot q_2 + \dots + d_n \cdot q_n}{d_1 + d_2 + \dots + d_n},$$

где d_1, d_2, \dots, d_n — мощности отдельных пластов; n — их число и q_1, q_2, \dots, q_n — содержание в них металла. Так как в данном случае мощности отдельных проходок равны между собою, среднее барицентрическое совпадает со средним арифметическим:

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n}.$$

При подсчете запасов обычно вычисляют величины $d_1 \cdot q_1, d_2 \cdot q_2$ и т. д., представляющие произведения средних содержаний по проходкам на их мощность, т. е. 0,20 м. Как можно видеть, эти произведения характеризуют запас металла, приходящийся в каждой проходке на площадь в 1 м²; эта величина носит название вертикального запаса. Складывая вертикальные запасы по проходкам, получаем вертикальный запас по шурфу, который представляет собой количество металла, заключенного в вертикальном столбе сечением в 1 м², вырезанном во всю мощность россыпи, или, что то же самое, запас металла на 1 м² площади россыпи (1 м² плотика). Деля вертикальный запас по шурфу на мощность металлоносных песков в нем (вошедшую в подсчет), получаем среднее содержание по шурфу.

Американцы измеряют вертикальный запас в долларах и центах на 1 кв. фут площади плотика; для золота имеем:

$$\begin{aligned} 1 \text{ доллар / кв. фут} &= 16,2 \text{ г / м}^2; \\ 1 \text{ г / м}^2 &= 6,17 \text{ цента / кв. фут.} \end{aligned}$$

Вертикальный запас характеризует богатство россыпи металлом в отдельных ее участках. Средний вертикальный запас по какому-либо участку равен общему количеству взятого с него металла, деленному на его площадь. Представляя собой произведение мощности металлоносного пласта на содержание в нем металла, вертикальный запас учитывает изменения и той и другой величины. При богатом содержании,

но небольшой мощности пласта, или при мощном пласте, но небогатом содержании, вертикальный запас может быть меньше чем при среднем содержании и средней мощности пласта.

Для характеристики богатства россыпи в том или ином поперечном сечении ее служит линейный запас. Линейный запас представляет собой количество металла, приходящееся на 1 пог. м длины россыпи, т. е. заключенное в полосе, вырезанной поперек россыпи во всю ее ширину и во всю мощность и имеющей толщину сверху вниз, по течению (т. е. по длине россыпи) 1 м. Можно различать линейный запас, отнесенный к определенному сечению россыпи, и средний линейный запас по более или менее значительному отрезку россыпи по ее длине. Первый обычно подсчитывается по данным разведки и относится к пересекающим россыпь разведочным линиям. Второй подсчитывается по данным эксплуатации и относится к целым отработанным участкам россыпи.

Разведочные выработки располагаются в линию поперек долины. Данные каждой разведочной выработки распространяются на прилежащий к ней отрезок линии, т. е. до середины расстояния между смежными выработками. Если обозначим по отдельным разведочным выработкам:

a_1, a_2, \dots, a_n — мощность песков;

b_1, b_2, \dots, b_n — мощность торфов;

p_1, p_2, \dots, p_n — среднее содержание металла в песках;

l_1, l_2, \dots, l_n — длина разведочной линии, приходящаяся на выработку;

$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n$ — длина всей линии;

n — число выработок,

то для каждой разведочной выработки будем иметь:

вертикальный запас — $a \cdot p$;

линейный запас — $a \cdot p \cdot l$;

сечение песков — $a \cdot l$;

сечение торфов — $b \cdot l$;

а по всей разведочной линии:

линейный запас $a_1 \cdot p_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot p_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot p_n \cdot l_n$;

сечение песков $a_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot l_n$;

сечение торфов $b_1 \cdot l_1 + b_2 \cdot l_2 + \dots + b_n \cdot l_n$.

Отсюда получаем средние величины для всей разведочной линии:

$$\text{среднее содержание} \quad \frac{a_1 \cdot p_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot p_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot p_n \cdot l_n}{a_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot l_n}$$

$$\text{средняя мощность песков} \quad \frac{a_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot l_n}{L},$$

$$\text{средняя мощность торфов} \quad \frac{b_1 \cdot l_1 + b_2 \cdot l_2 + \dots + b_n \cdot l_n}{L};$$

$$\text{средний вертикальный запас} \quad \frac{a_1 \cdot p_1 \cdot l_1 + a_2 \cdot p_2 \cdot l_2 + \dots + a_n \cdot p_n \cdot l_n}{L}.$$

Средний линейный запас по какому-либо отработанному участку россыпи получается от деления общего количества металла, полученного с этого

участка, на его длину. Американцы измеряют линейный запас в футах на погонный фут длины россыпи; для золота имеем:

$$\begin{aligned} 1 \text{ доллар / фут} &= 4,936 \text{ г/м;} \\ 10 \text{ г/м} &= 2,026 \text{ доллара / фут.} \end{aligned}$$

Линейный запас, представляя собой произведение среднего вертикального запаса на ширину россыпи (или, иначе, среднего содержания по линии на сечение песков), зависит от той и другой величины. Некоторые очень богатые россыпи, расположенные в узких долинах и потому обладающие небольшой шириной, отличаются сравнительно незначительным средним линейным запасом. Точно так же и в россыпях, обладающих большой шириной, но незначительным средним содержанием, линейный запас не бывает особенно велик. Располагая всеми данными по отдельным разведочным линиям, можно подсчитывать запасы по целым участкам россыпи. Данные каждой линии распространяются по длине россыпи вверх и вниз до середины расстояния до смежных с ней линий; таким образом к каждой линии тяготеет определенный участок длины россыпи. Помножив линейный запас, сечение песков и сечение торфов в линии на длину этого участка, получаем соответственно запас металла, кубаж песков и кубаж торфов на всем участке. Средние величины по участку — содержание металла, вертикальный запас, мощность песков и мощность торфов — остаются теми же, что и в линии. Суммируя запасы по всем участкам и выводя среднее барицентрическое для средних величин, получаем данные по всей россыпи. Подсчет запасов по линейным данным применим не всегда; на заворотах долины, при резких изменениях ширины россыпи и т. д., подсчет производят по данным отдельных выработок, распространяя их на ту или иную площадь россыпи. Но рассмотрение всех случаев подсчета запасов в наши задачи не входит.

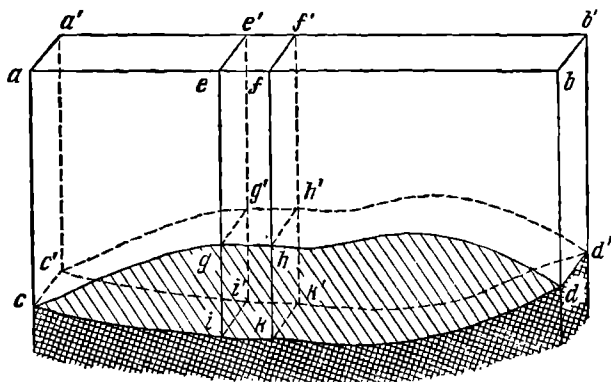
При подсчете запасов для сплошной выемки пески и торфа не разделяются, а подсчитываются вместе, как «вся россыпь». Среднее содержание металла в этом случае относится не к кубометру песков, а к кубометру «массы», и получается: по отдельным выработкам — делением вертикального запаса на мощность всей россыпи (пески плюс торфа); по линиям — делением линейного запаса на сечение россыпи; по участкам — делением запаса металла на кубаж массы. При этом вертикальный, линейный и общий запас металла для сплошной выемки больше, чем для раздельной по тому же самому участку. Объясняется это тем, что для сплошной выемки подсчитывается весь металл, заключенный как в песках, так и в торфах; для раздельной же добычи подсчитывается лишь металл в промышленной части песков, верхняя же непромышленная их часть относится к торфам. На фиг. 190 схематически изображено поперечное сечение россыпи $afbdkc$; часть $afbdhc$ представляет сечение торфов, $chdk$ — сечение песков. Величины aa' , bb' , cc' и т. д. равны каждая 1 м и направлены по длине россыпи; запас металла в изображенной на рисунке полосе aa' , bb' , dd' , cc' представляет линейный запас в данном сечении россыпи. Запас металла в вертикальном столбе с основанием $ii'kk'$, равным 1 м², представляет вертикальный запас в данной точке россыпи.

Оконтуривание промышленной части россыпи, проведение границы между нею и непромышленной частью россыпи, теоретически весьма просто, но на практике вызывает много пререканий между разведчиками и эксплуатационниками. Промышленная ценность того или иного участка россыпи определяется условием, чтобы стоимость заключенного в нем металла была не менее расходов, необходимых для его извлечения. Из этого условия вытекает предельное среднее содержание, при котором разработка участка еще может быть рентабельна. Это содержание не

является постоянным для данных экономических условий, но изменяется в зависимости от мощности металлоносных песков и глубины их залегания. Соотношение между этими величинами получается очень просто. Если обозначим через:

d_1 — мощность песков,

d_2 — мощность торфов,



Фиг. 190. Блокдиаграмма, иллюстрирующая линейный и вертикальный запасы.

a — полную, стоимость (включая накладные расходы) добычи и промывки 1 м³ песков,

b — полную стоимость вскрыши 1 м³ торфов,

k — цену на металл,

p — предельное среднее содержание металла в песках,

то для случая открытых работ имеем следующее соотношение:

$$a \cdot d_1 + b \cdot d_2 = K \cdot p \cdot d_1,$$

или

$$p = \frac{a + b \frac{d_2}{d_1}}{k}.$$

Таким образом в данных экономических условиях, когда a , b и k представляют величины постоянные, предельное среднее содержание зависит лишь от величины $\frac{d_2}{d_1}$, т. е. отношения торфов к пескам (Т : П). Аналогично может быть выведено предельное среднее содержание и для подземных работ.

При оконтуривании промышленной части россыпи по мощности и по ширине в нее могут включаться и те части, где содержание меньше предельного среднего, но с тем, чтобы за счет более богатых частей общее среднее содержание было не ниже предельного. Например, при предельном среднем содержании 10 г/м³ три наиболее богатые проходки песков дают среднее содержание 20 г/м³; непосредственно под ними лежат три проходки с содержанием 7, 6 и 5 г/м³, а над ними — три проходки с содержанием 5,4 и 3 г/м³. Все девять проходок (1,80 м) могут быть включены в промышленную часть россыпи, так как среднее содержание по ним составляет как раз 10 г/м³, а включение бедных проходок за счет более богатых увеличивает количество извлекаемого металла на 50 %. Но при очень бедном содержании металла в этих проходках их уже невыгодно включать в промышленную часть россыпи. Предельное допустимое содержа-

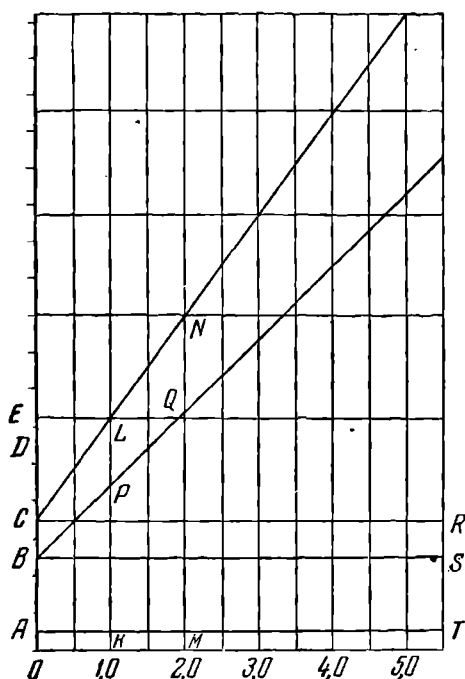
ние металла в них (даже при условии, что оно окупается более богатыми проходками) легко определяется на основании следующих соображений. Вскрыша торфов, содержание надзора и все накладные расходы полностью окупаются за счет избытка металла в более богатой части пласта. Металл, содержащийся в более бедных проходках, должен окупить лишь непосредственные расходы по его извлечению. Проходки, расположенные выше богатой части пласта, извлекаются так или иначе, в одном случае — как торфа, в другом — как пески. Следовательно, содержание металла в них должно окупать разницу в стоимости добычи 1 м^3 песков и 1 м^3 торфов, в большинстве случаев довольно точно отвечающую стоимости промывки 1 м^3 породы. Проходки, залегающие ниже богатой части пласта, в одном случае не подлежат извлечению, в другом — извлекаются и промываются; содержание металла и них должно окупить стоимость как извлечения, так и промывки (при отсутствии торфов).

На основании таких же соображений определяется предельное бортовое содержание при оконтуривании россыпи по ширине. Здесь за счет богатой части россыпи могут быть отнесены лишь содержание надзора и все накладные расходы. Вскрыша торфов, извлечение и промывка песков должны окупаться металлом, содержащимся в бортовых частях россыпи. Таким образом предельное допустимое содержание металла при оконтуривании промышленной части россыпи является минимальным в верхних ее частях, средним — внизу и максимальным — в бортах, но повсюду оно значительно меньше предельного среднего. При подсчете запасов по данным разведки разведчики обычно норовят включить в промышленную часть россыпи все кусочки ее, какие только возможно, чтобы увеличить разведанный запас, не спускаясь ниже предельного среднего содержания в целом и предельного допустимого в отдельных ее кусочках. Иногда даже, благодаря включению более бедных проходок, среднее содержание по отдельным выработкам понижается ниже предельного за счет соседних, более богатых выработок, где увеличение мощности песков невозможно. Это вполне допустимо при условии, что среднее содержание по целому эксплуатационному участку не снижается ниже предельного.

Эксплуатационники очень не любят при выработке россыпи брать такие бедные, но вошедшие в подсчет запасов, кусочки ее. Обычно они стремятся выработать лишь наиболее богатую часть россыпи, оставляя все бедные куски невыработанными. Поэтому очень часто верхняя, бедная часть песков, вместо того чтобы идти в промывку, вывозится вместе с торфами в отвал; оставляется и засыпается отвалами много металла в плотике и, наконец, более бедные части россыпи оставляются в виде невыработанных целиков как в бортах ее, так часто и в середине. Расхождение данных эксплуатации с данными разведки служит для эксплуатационников основанием к обвинению разведчиков в неправильной разведке, разведчики же обвиняют эксплуатационников в хищнической разработке. В данном случае вина лежит, конечно, на эксплуатации.

Очень нетрудно построить диаграмму с изображением всех перечисленных предельных содержаний (фиг. 194). Возьмем систему прямоугольных координат и по оси абсцисс будем откладывать величину $d_2 : d_1$, т. е. отношение торфов к пескам ($T : П$). По оси ординат будем откладывать стоимость отдельных операций по добыче и обработке 1 м^3 породы, деленную на цену металла (т. е. ту же стоимость, выраженную в граммах металла). Пусть OA будет стоимость промывки 1 м^3 песков, AB — стоимость его извлечения (с откаткой), BC — содержание надзора и накладные расходы; тогда OC — полная стоимость добычи и промывки 1 м^3 песков. Далее откладываем CD — стоимость вскрыши 1 м^3 торфов и DE — содержание надзора и накладные расходы; CE представляет полную стоимость вскрыши торфов. При $T : П = 0$ предельное содержание

выражается величиной OC ; при $T : П = 1$ — величиной $KL = OC + CE$; при $T : П = 2$ — величиной $MN = OC + 2CE$ и т. д. В каждой ординате часть ее, расположенная ниже линии CR , показывает долю расходов, падающую на пески (в процентах), а выше CR — падающую на торфа. Прямая BS , параллельная оси абсцисс, выражает предельное допустимое содержание при оконтуривании песков по мощности вниз, прямая AT — при оконтуривании их вверх (вообще уровень этой прямой не всегда соответствует положению точки A , но получается откладыванием величины CD вниз от точки B). Прямая BFQ выражает предельное бортовое содержание при различном $T : П$; в ней $KP = OB + + CD$, $MQ = OB + 2CD$ и т. д. Следует отметить, что при определении предельного бортового содержания величина $T : П$ берется не по всей россыпи, а лишь по бортовой ее части.



Фиг. 191. Диаграмма для определения предельного содержания при различном отношении торфов к пескам.

Теперь перейдем к цифровой характеристике богатства россыпей металлом. Содержание металла в отдельных точках россыпи может быть очень разнообразным; вообще оно непрерывно изменяется от нуля до некоторой максимальной величины, наблюдаемой лишь в одной или в немногих точках россыпи. Отдельные пробы, взятые в этих точках, могут быть баснословно богаты. Иногда содержание в них металла может изме-

ряться даже процентами, а содержания порядка нескольких килограммов на 1 м^3 не представляют очень большой редкости. Но количество породы с таким содержанием обычно ничтожно и измеряется одним или несколькими лотками (лоток вмещает примерно $0,01 \text{ м}^3$). Если рассматривать содержание металла в более значительных массах песков, то сразу получаются более скромные цифры. Но все же отдельные обогащенные гнезда в песках бывают исключительно богаты, и суточный намыв металла при выработке таких гнезд дает цифры, поражающие воображение. Так, например, в районе Номе (Аляска) в 1905 г. на одном вашигерде было намывто в течение 7 часов 80 кг золота. Сильно обогащенные металлом гнезда встречаются почти в каждом золотоносном районе, и в начале его разработки попадающие на эти гнезда наиболее «фартовые» артели обыкновенно «фунтят». Содержание металла в таких гнездах измеряется сотнями, реже тысячами граммов на 1 м^3 , а запас песков — единицами, реже десятками кубометров.

Наиболее богатые участки россыпей

Среднее содержание металла по целым эксплуатационным участкам дает еще более скромные цифры. Обыкновенно это содержание в целях увеличения запасов металла стремятся, по возможности, приблизить к предельному среднему путем включения в промышленный контур более

бедных частей россыпи. Предельное среднее содержание зависит от экономических условий района и способа разработки. В новых, только начинающих работать золотоносных районах предельное среднее содержание золота в песках обычно составляет не менее 10 г/м^3 . Однако в первые годы разработки, в период «золотой горячки», такое содержание в песках хотя официально и входит в подсчет запасов, но фактически в это время стремятся отработать их в первую очередь.

По мере того как золотая горячка проходит, снабжение района налаживается, а наиболее богатые участки россыпей оказываются выхваченными, требования к среднему содержанию металла понижаются, и в большинстве работающих участков оно более или менее приближается к предельному среднему, в течение длительного ряда лет оставаясь примерно на одном уровне или испытывая лишь медленное снижение. Но впрочем, не всегда возможно приближение среднего содержания по целым участкам к предельному среднему. Иногда даже после включения в промышленный контур всех, каких только возможно, бедных частей россыпи, среднее содержание по целому участку продолжает оставаться во много раз выше предельного.

С обжитием района и улучшением его экономических условий представляется возможным постепенно снижать предельное среднее содержание. Тем самым в эксплуатацию вовлекаются все более и более бедные участки россыпей.

Так как в первые годы разработки новых районов не особенно стремятся к возможно полному извлечению золота из россыпей, очень большое количество его обычно поступает в отвалы и остается в целиках. Позднее, когда требования к содержанию металла понижаются, эти целики и отвалы перерабатываются вновь, иногда даже неоднократно. В настоящее время отвалы дражных работ перемываются гидравликой, а местами даже старательскими артелями. Часто бывает технически невозможно извлечь из песков все золото в результате однократной промывки. Поэтому даже в Америке многие россыпи перемываются последовательно три раза — мускульными работами, драгой и гидравликой.

Предельное среднее содержание для механических работ и особенно для дражных и гидравлических значительно меньше, чем для мускульных. При сплошной выемке породы (драги, гидравлики) металл, заключенный в песках, распределяется на всю массу породы (пески + торфа), чем содержание его сильно разубоживается. Поэтому при очень большом соотношении $T : P$ россыпь, пригодная для подземной разработки мускульным трудом, может оказаться недостаточно богатой для дражных работ. Линдгрэн указывает, что предельное среднее содержание для гидравлических работ составляет $79\text{—}98 \text{ мг/м}^3$; в Калифорнии драги работают россыпи с содержанием от 157 до 295 мг/м^3 ; в Аляске — от 984 до 1968 мг/м^3 . В последние годы предельное среднее содержание при дражных работах снижено до 79 мг/м^3 .

Средний вертикальный запас металла в россыпях колеблется хотя в довольно широких пределах, но все-таки значительно меньше, чем среднее содержание. Объясняется это тем, что очень богатое содержание металла часто получается в результате его осаждения на поверхность плотика или, во всяком случае, в самые нижние слои аллювия либо в процессе образования россыпи, либо при последующем ее изменении. Это осаждение, совершенно не изменяя вертикального запаса, сильно увеличивает концентрацию металла при соответствующем уменьшении мощности песков. Таким образом на промышленной ценности россыпи для сплошной выемки породы оно никак не отражается, наоборот, промышленная ценность россыпи для раздельной добычи песков и торфов увеличивается, так как с уменьшением мощности песков сокращаются расходы по промывке.

Если среднее содержание металла для того и другого способов разра-
ботки сильно разнится, то вертикальный запас выражается примерно
одними и теми же цифрами; может быть, для сплошной выемки он в об-
щем несколько меньше.

Следует отметить, что вертикальный запас характеризует отнодь не
промышленную ценность россыпи, но лишь густоту распределения метал-
ла по площади долины.

Линейный запас характеризует густоту отложения металла по длине
долины; он еще менее, чем вертикальный запас, может применяться для
характеристики промышленной ценности россыпи. Иногда металл может
быть разбросан в непромышленных количествах на громадной ширине
долины, давая значительный линейный запас; иногда же очень узкая
россыпь с небольшим поэтому линейным запасом может обладать богатым
содержанием металла. Линдгрэн указывает, что россыпи с хорошим со-
держанием могут дать от 345 до 2470 г/м линейного запаса. Наиболее бо-
гатым прииском Линдгрэн считает «Мадам-Берри» в Виктории (Австралия)
с линейным запасом в 6382 г/м. Однако у нас известно много россыпей,
обладавших гораздо ббльшими линейными запасами. В отдельных по-
перечных сечениях, проходящих через сильно обогащенные участки,
даже не очень богатые россыпи могут давать большой линейный запас,
который выдерживается лишь на очень коротких промежутках. Чем
меньше длина участка, тем больше линейный запас по нему может раз-
ниться от среднего линейного запаса по всей россыпи.

Что касается полного запаса металла в россыпи, то его не всегда
бывает возможно точно установить, так как многие наиболее крупные
россыпи представляют собой не что иное, как несколько россыпей, питаю-
щихся из различных источников и накладывающихся друг на друга
своими концами. В тех случаях, когда россыпи достаточно индивидуа-
лизированы, можно считать, что россыпи, содержащие от 0,5 до 5 т ме-
талла, являются средними по своим запасам, менее 0,5 т — небольшими
и свыше 5 т — крупными. Встречаются россыпи-гиганты, заключающие
в себе десятки тонн металла.

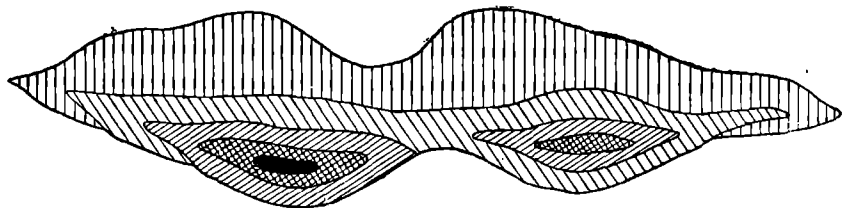
3. Размеры и форма россыпей

Как уже было отмечено в гл. I, аллювиальные россыпи представляют
собой длинные и плоские лентообразные залежи, вытянутые по длине
долины. Размеры их определяются длиной, шириною и мощностью метал-
лоносной залежи. В зависимости от того, с каким предельным содержанием
окоптурируется россыпь, все эти величины могут очень сильно изменять-
ся для одной и той же россыпи. В идеальном случае каждая россыпь об-
ладает как бы некоторым наиболее богатым ядром (сплошным или распа-
дающимся на отдельные металлоносные гнезда), которое окутано целым
рядом последовательных зон с постепенно убывающим содержанием металла
(фиг. 192). Вся россыпь окружена более или менее значительным ореолом
знакового содержания. Размеры, отнесенные к той или иной зоне, будут,
конечно, различны. Приводимые ниже размеры россыпей относятся к их
промышленной части независимо от того, с каким предельным содержанием
она окоптурена.

Длина россыпей наичаще измеряется несколькими километрами.
Длину от 3 до 6 км можно считать средней, от 6 до 12 км — выше сред-
ней и свыше 12 км — большой. Длина наиболее крупных россыпей изме-
ряется десятками километров, а иногда даже превышает 100 км. Некото-
рые из погребенных россыпей Виктории (Австралия) прослеживаются на
протяжении около 100 км. Длина россыпей от 1 до 3 км — ниже сред-
ней и менее 1 км — небольшая. Некоторые небольшие россыпи имеют

длину, измеряемую лишь десятками метров. Разведочные работы не обнаружили продолжения россыпи ни вверх, ни вниз по течению.

Иногда длину россыпи считают только до устья долины, в которой она расположена; это неправильно, так как россыпь притока может продолжаться без всякого перерыва и в долине главной реки. Исчисление длины россыпи только до устья целесообразно лишь в тех случаях, когда главная долина содержит собственную россыпь, в которую россыпь притока и вливается. Если в россыпь главной долины вливаются россыпи нескольких притоков, то вся россыпь приобретает в плане сложную ветвистую



Фиг. 192. Схематический поперечный разрез россыпи с показанием различного содержания металла.

или древовидную форму. Если главная долина пополняется металлом из долин притоков на значительном протяжении, то ее россыпь может обладать очень большой длиной, представляя собой целый ряд россыпей, в значительной мере перекрывающих друг друга. Наиболее крупные по размерам россыпи относятся именно к этому типу.

Ширина промышленных россыпей обычно измеряется десятками или немногими сотнями метров. Ширину от 40 до 100 м можно считать средней, от 100 до 200 м — выше средней и свыше 200 м — большой. Некоторые исключительно широкие россыпи достигают 1000 м и даже более в ширину. Ширина россыпей от 20 до 40 м — ниже средней и менее 20 м — небольшая. Россыпи распадков и очень узких долин, особенно русловые россыпи каньонов, обычно обладают очень незначительной шириной, порядка 2—5 м, будучи в то же время очень богатыми по содержанию металла. Если ширина русловых россыпей определяется шириною русла, то долинные россыпи обычно превышают ее в несколько раз. В. А. Обручев указывает, что для многих долин Ленского района ширина россыпи в среднем от 2 до 7 раз превышает ширину современного русла. Эту величину можно принять как среднюю и для большинства аллювиальных россыпей. В редких случаях россыпи бывают шире, иногда даже превышая ширину русла в 10—20 раз.

Для мощности металлоносной залежи средней величиной является 0,80—1,20 м; мощность от 1,20 до 2,00 м — выше средней и свыше 2 м — большая. Россыпи до 3 м мощностью не являются очень редкими, свыше 3 м — представляют исключение; такая мощность наблюдается обычно лишь в раздувах россыпи, но не по всей ее длине. Мощность песков в раздувах иногда достигает 8 м. Мощность 0,50—0,80 м — ниже средней, и менее 0,50 м — небольшая. В тех случаях, когда весь металл осажден на плотик, мощность песков измеряется иногда всего лишь 5—10 см, но обычно даже в этих случаях пускают в промывку слой не менее 0,20 м. Мощность торфов подвержена очень сильным колебаниям. Если долина выполнена лишь первичным аллювием, то мощность последнего обычно заключена в пределах 3—8 м. Мощность торфов получается как разность между этой величиной и мощностью песков, благодаря чему отношение $T : П$ изменяется в более широких пределах, чем мощность песков. В тех

случаях, когда первичный аллювий перекрыт какими-либо отложениями: коллювиальными, пролювиальными, ледниковыми, озерными или повторным аллювием фазы погружения, никакого ограничения для мощности торфов не существует, и иногда она достигает 100—200 м. При сплошной выработке россыпи ее мощность измеряется всей мощностью наносов в данной долине и иногда достигает нескольких десятков метров. Так, например, россыпь Американ Хилл (США), разрабатываемая гидравлическими работами, обладает мощностью в 45 м.

Чем постояннее россыпь по своей форме, тем меньше отклонения и тем больше наичаще повторяемые размеры россыпи приближаются к средним. В непостоянных россыпях колебания как мощности, так и ширины могут быть очень значительны, и во многих случаях средние величины имеют лишь арифметический смысл, так как наиболее часто повторяемые реальные размеры россыпи в одних местах много больше средних значений, в других — много меньше. В некоторых россыпях и мощность и ширина в одинаковой мере непостоянны; в других мощность подвержена большим колебаниям, чем ширина, — таковы некоторые россыпи с известняковым плотиком. И, наконец, встречаются россыпи, где мощность песков изменяется сравнительно в небольших пределах, ширина же изменяется очень сильно, — обычно это россыпи со сланцевым плотиком.

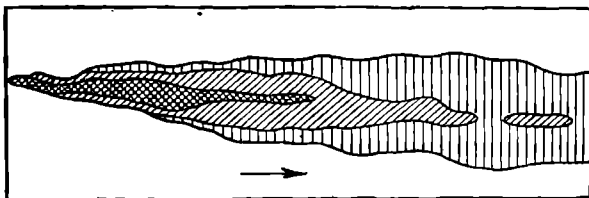
В более постоянных россыпях и мощность и ширина изменяются довольно постепенно. В поперечном сечении россыпи мощность является максимальной где-то посредине россыпи, откуда она постепенно убывает к краям; обычно здесь же наблюдается и максимальное содержание металла, но, впрочем максимальное содержание и максимальная мощность россыпи иногда не совпадают друг с другом. Такая наиболее обогащенная часть россыпи носит название «борозды» или «струи»; она соответствует наиболее древнему положению русла (тотчас по окончании фазы углубления) и в большинстве случаев (но не всегда) приурочена к наиболее пониженной части плотика. Ширина струи примерно соответствует ширине русла и обычно лишь немного отклоняется от нее в ту или иную сторону.

По длине долины мощность и ширина россыпи в идеальном случае изменяются вполне закономерно. В верхнем своем конце россыпь является наиболее сжатой, обладая небольшой шириной и мощностью: здесь период накопления песков не мог быть продолжительным, и русло могло испытывать в это время лишь небольшие боковые перемещения. Чем ниже по течению, тем период накопления песков мог быть длительнее, а ширина и мощность россыпи значительнее. Если россыпь на некотором протяжении своей длины пополняется металлом со склонов и из боковых распадков (расположение жилы вдоль долины), то одновременно с увеличением ее поперечных размеров в ней увеличивается и общее количество металла (линейный запас). Но в то время как увеличение размеров россыпи происходит все время, увеличение линейного запаса прекращается вместе с прекращением поступления в россыпь металла. Дальнейшее увеличение размеров россыпи ведет к падению в ней содержания металла; при увеличении размеров всей россыпи размеры промышленной ее части начинают сокращаться и, наконец, россыпь становится непромышленной (фиг. 193).

Таков общий характер изменения размеров россыпи по длине долины. Во многих случаях он в значительной мере маскируется изменениями поперечных размеров россыпи (как и содержания в ней металла) под влиянием всевозможных местных причин: впадения притоков, изменения уклона долины, изменения характера плотика, особенностей бокового размыва прежней россыпи и пр. Но в более постоянных россыпях общий характер изменения в большинстве случаев прослеживается все же до-

статочно отчетливо. В россыпях непостоянных изменения поперечных размеров обусловлены почти исключительно местными причинами, и потому общая закономерность изменения почти не улавливается.

Э. Майер описывает весьма типичные изменения россыпи одной долины. Длина промышленной россыпи составляет около 10,5 км. Если двигаться по долине вниз от самых ее верховьев, то на первом километре встречаются лишь знаки; на втором километре россыпь уже имеет ширину от 10 до 70 м, но еще не заслуживает разработки, хотя в отдельных местах содержание повышается. В конце третьего километра россыпь достигала ширины 100 м при ширине промышленной ее части 10—20 м, мощности песков 1 м и торфов — 2,8 м. На четвертом километре ширина промышленной россыпи возросла до 25—50 м при ширине всей россыпи в 125 м, а на пятом километре — до 50—175 м при общей ширине в 400 м; мощность песков здесь составляла 1,5 м, торфов — 3 м.



Фиг. 193. Характер изменения ширины и богатства россыпи вниз по долине.

После семи километров, россыпь занимает в ширину 700 м, из которых 360 м были промышленными. На протяжении следующих трех километров общая ширина россыпи выдерживалась в 1000 м, из коих заслуживали разработки лишь 100—200 м, при мощности песков в 1,5—2 м и торфов — до 4 м. Еще дальше вниз по течению ширина россыпи все возрастает, промышленная часть ее местами достигает 350 м, но в общем промышленная ценность россыпи падает. Мощность торфов возрастает до 6—10 м, промышленная часть россыпи все более дробится на отдельные рукава, разделенные более крупными непромышленными промежутками. Тогда как в верхнем и среднем течении такие рукава вновь соединяются, благодаря чему разделяющие их непромышленные промежутки имеют форму островов, в нижнем течении этого не наблюдается, и здесь раздробление россыпи на рукава напоминает по своей форме дельту.

В непостоянных россыпях значительно труднее проследить изменение общего характера россыпи, так как форма ее обусловлена преимущественно местными причинами. Иногда под влиянием их россыпь распадается по длине на отдельные промышленные участки, разделенные участками с непромышленным или даже знаковым содержанием. Форма и размеры отдельных промышленных участков могут быть весьма разнообразны, как и длина перерывов между ними. В некоторых случаях россыпь распадается на ряд отдельных, довольно узких струй, располагающихся вдоль долины или рядом или кулисообразно. Если наличие таких струй обусловлено особенностями плотика, то они могут располагаться в любом направлении, даже поперек долины. Наименее постоянные россыпи представляют отдельные гнезда металлоносных песков, разбросанные в пределах определенной полосы и разделенные промежутками с ничтожным содержанием металла. Форма отдельных гнезд неправильно линзообразная, вытянутая вдоль долины, размеры самые различные. В некоторых случаях гнезда располагаются довольно близко друг к другу, в других — они встречаются настолько спорадически, что даже при богатстве отдельных гнезд может оказаться невыгодным задавать разведочные выработки с целью их обнаружения. Но даже при крайней неправильности и непостоянстве россыпи, по густоте расположения, размерам и богатству отдельных гнезд во многих случаях может быть прослежен общий характер ее изменения, отмечавшийся выше.

4. Распределение металла в россыпи

Для разведчика наибольший интерес представляет распределение металла по длине и ширине россыпи, так как именно от этого зависят то или иное расположение разведочных выработок и та или иная густота их сети. Распределение металла в вертикальном направлении, каково бы оно ни было, не отражается на расположении разведочных выработок. Как уже отмечалось выше, в вертикальном разрезе россыпи максимальное содержание металла приурочено в большинстве случаев к поверхности плотика или к нижним частям аллювия на некоторой высоте над плотиком. Отсюда содержание металла убывает как вверх, так и вниз: вверх более или менее постепенно, вниз — очень резко при трудно разборном плотике и сравнительно постепенно, если плотик сильно трещиноват или превращен в элювий. В последнем случае максимальное содержание металла может наблюдаться на значительной высоте над плотиком, измеряемой дециметрами, а иногда свыше одного метра. На фоне общего убывания содержания металла вверх по вертикали в отдельных прослоях аллювия содержание металла может сильно возрасти; такие прослои располагаются непосредственно над поверхностями размыва, тогда как под этими поверхностями располагаются прослои с пониженным содержанием металла, а в некоторых, довольно редких случаях — даже вовсе пустые.

Распределение металла в плане зависит от разнообразных факторов. Среди них прежде всего следует отметить особенности эрозионной деятельности в период образования россыпи. От них зависит наличие в россыпи наиболее богатой металлом струи и постепенное уменьшение содержания металла в россыпи по мере движения вниз по течению. Изменение в содержании металла не всегда сопровождается соответственным изменением в поперечных размерах россыпи. Не будет большой ошибки, если мы скажем, что те и другие изменения происходят в общем независимо друг от друга. В некоторых случаях мощность россыпи и содержание в ней металла находятся в прямой зависимости. Так, например, главная струя россыпи обладает наибольшим содержанием металла и обычно наибольшей мощностью. В углублениях плотика (особенно карстового) содержание металла и мощность песков возрастают одновременно; то же самое бывает часто и в раздувах россыпи ниже впадения притоков. Однако это наблюдается далеко не всегда; иногда содержание металла изменяется очень сильно при постоянных, в то же время, размерах россыпи или, наоборот, изменяются поперечные размеры россыпи при сравнительно постоянном содержании металла. В других случаях мощность россыпи и содержание металла находятся в обратной зависимости. Вниз по течению часто одновременно с увеличением мощности россыпи убывает содержание в ней металла; при частичном перемыве металлоносного пласта в процессе формирования россыпи мощность его в некоторых участках россыпи может уменьшиться при соответствующем увеличении содержания металла.

Если отвлечься от местных особенностей в распределении металла в россыпи, т. е. наличия в ней отдельных обогащенных или обедненных участков (гнезда, струи, раздувы, перемыки, срывы и пр.), то общее распределение металла по длине россыпи зависит не только от характера эрозионной деятельности в период формирования россыпи, но и от особенностей питания ее металлом. В гл. XII уже отмечалось, что мы можем представить себе всю россыпь состоящей из отдельных, разновременных порций металла, распределенных по длине россыпи и частично перекрывающих друг друга. Так как мелкий металл смещается дальше по течению, чем крупный, в результате мелкий металл более молодых порций смешив-

вается с крупным металлом более старых порций, благодаря чему в каждом отдельном участке россыпи крупный металл является несколько более древним, чем мелкий. Чем ниже по течению расположена данная порция металла, тем из более верхних горизонтов коренного месторождения она образовалась.

Большая продолжительность фазы покоя и разрушение богатых горизонтов коренного месторождения приводят к накоплению крупной порции металла. Если последующее врезание невелико, то эта порция металла, распределяясь на небольшую длину россыпи, даст обогащенный участок. С каждым последующим перемывом россыпи этот участок перемещается все ниже по течению, становясь постепенно вследствие перемешивания все более распылчатым. При этом мелкий металл подвергается перемешиванию значительно легче, чем крупный, который дольше сохраняет следы своего первичного распределения в россыпи. Малая продолжительность фазы покоя и разрушение бедных горизонтов коренного месторождения приводят к накоплению небольшой порции металла. Если последующее врезание значительно, то металл распределяется на большую длину россыпи, давая бедный или даже непромышленный ее участок. Таким образом на первичном распределении металла в россыпи отражаются: 1) богатство металлом соответственных горизонтов коренного месторождения; 2) продолжительность последовательных фаз покоя (частота поднятий) и 3) величина поднятий (глубина врезаний).

Все особенности распределения металла, обусловленные общим характером эрозионной деятельности и особенностями питания россыпи металлом, в той или иной мере маскируются чисто местными причинами, приводящими к образованию обогащенных или обедненных участков россыпи. Среди этих местных причин следует отметить следующие.

1. Впадение притоков обычно вызывает образование раздувов россыпи тотчас ниже по течению. Если приток металлоносен, то в месте слияния двух россыпей часто увеличивается не только поперечное сечение россыпи, но и содержание в ней металла. Если приток не металлоносен, то часто увеличиваются только размеры россыпи, содержание же металла либо остается тем же, либо несколько понижается, но все-таки так, что и линейный и вертикальный запасы в этом месте заметно возрастают. Некоторые не очень богатые россыпи содержат промышленные участки только непосредственно ниже впадения притока, все же участки россыпи, расположенные между притоками, являются непромышленными. С возможностью такого распределения металла в россыпи приходится серьезно считаться при проектировании поисковой разведки и оценке ее результатов. В некоторых значительно более редких случаях впадение притоков приводит к образованию в россыпи перерывов или обедненных участков; такие притоки в большинстве случаев являются крутыми горными распадками, выносящими в главную долину громадное количество обломочного материала.

2. Местные особенности эрозионной деятельности, обуславливающие ту или иную глубину и ширину русла, наиболее частые перемещения его в пределах определенной ширины долины и пр. Эти особенности значительно сильнее чувствуются в небольших водных потоках, чем в более крупных реках, где вся эрозионная деятельность протекает более правильно и плавно. Они приводят к образованию в россыпи обогащенных струй, гнезд и пр., разветвлений россыпи, к возникновению в ней пустых участков и т. д. Характерной особенностью всех таких участков (как обогащенных, так и обедненных) является то, что все они более или менее вытянуты по длине русла в период формирования россыпи, т. е. в общем по длине долины; кроме того, размеры их примерно того же порядка,

что ширина русла и длина отдельных обособленных его участков. Если коренное месторождение выходит в самой вершине ключа, то при достаточной длине россыпи ее характер в верхнем и нижнем конце может быть очень различным, так как режим отложившегося ее водного потока в состоянии 10 или 20 км от его вершины совсем иной, чем в самой вершине. Когда коренное месторождение расположено в значительном удалении от вершины потока, местные особенности россыпи, обусловленные эрозийной деятельностью, на всем протяжении россыпи носят одинаковый характер.

3. Характер размыва прежней россыпи также отражается на распределении металла. При врезании V-образной долиной происходит довольно совершенное перемешивание металла старой россыпи, и все особенности его распределения в ней (не столько по длине, сколько по ширине) в значительной мере сглаживаются. При врезании каньоном все эти особенности, может быть, несколько измененные, повторяются и в новой россыпи. Полнота размыва старой россыпи может очень сильно отражаться на изменении величины линейного запаса по длине новой россыпи; хорошая сохранность россыпи на террасе может повести к образованию в соответствующем месте молодой россыпи обедненного участка или даже перерыва. Все особенности, связанные с разрывом старой россыпи, наиболее резко проявляются в молодых, только что формирующихся россыпях, расположенных в зоне углубления или в зоне расширения долин.

4. Изменение уклона плотика по длине долины приводит к чередованию более богатых и более бедных участков россыпи. По окончании углубления долины накопление металлоносных песков начинается прежде всего в участках более пологого падения. В участках крутого падения накопление становится возможным лишь после того, как уменьшится их уклон, или скорость течения станет несколько меньше благодаря продвижению зоны углубления долин вверх по течению. Когда накопление на более крутых участках станет возможным, количество притекающего металла уже заметно уменьшится, и здесь возникнут обедненные участки россыпи, отличающиеся как меньшим содержанием металла, так и меньшими поперечными размерами россыпи. Если эти участки обладали очень крутым падением, то накопление на них аллювия может стать возможным лишь тогда, когда повсюду уже начнется накопление торфов. Тогда им будут соответствовать перерывы россыпи.

Когда среди более мягких пород встречаются участки более твердых, им соответствуют или перерывы россыпи или сильно обедненные ее участки. Когда, наоборот, среди более твердых пород встречаются отдельные участки мягких, им соответствуют раздувы россыпи.

5. Характер плотика, его способность к улавливанию металла играют громадную роль в распределении последнего. Если плотик улавливает металл благодаря неровностям своей поверхности (борозды, западины, карманы и пр.), то распределение металла в россыпи, форма и размеры обогащенных участков полностью определяются распределением, формой и размерами углублений в поверхности плотика. В зависимости от количества металла, улавливаемого этими углублениями, возникает или очень непостоянная россыпь (если часть металла все же накапливается в песках нормальным порядком) или корчажная (если весь металл сосредоточен в углублениях плотика). Как правило, в небольших углублениях максимальное содержание металла наблюдается в их наиболее пониженной части, в более обширных — на подъеме плотика вниз по течению. Концентрация металла в таких углублениях иногда бывает исключительно велика.

Если плотик улавливает металл своими трещинами, то распределение металла в россыпи подчинено улавливающей способности плотика.

Участки, легко улавливающие металл, являются наиболее богатыми, плохо его улавливающие — обедненными или даже пустыми. Так как улавливающая способность плотика обычно поддерживается сравнительно постоянной по простиранию определенных пластов, то часто обогащенные участки россыпи имеют форму полос, вытянутых не по длине долины, но по простиранию пород плотика. В других случаях, в зависимости от бывшего расположения русла относительно этого простирания, обогащенные участки имеют форму неправильных гнезд, разбросанных по площади долины. Опять-таки, в зависимости от соотношения количеств металла, улавливаемого плотиком и накапливающегося в песках нормальным порядком, россыпь является или типичной гнездовой, или несколько более выдержанной. Если среди плотика, хорошо улавливающего металл, встречаются участки, плохо его улавливающие (в особенности очень гладкие и скользкие породы, например змеевики), то в россыпи им соответствуют сильно обедненные участки.

6. Выход в плотике россыпи коренного месторождения также может повести к образованию обогащенных участков. В нормальных аллювиальных россыпях такие участки хотя и встречаются, но не имеют большого значения, так как в процессе углубления долины весь элювиальный металл перемывается и смешивается с аллювиальным. В старых россыпях при долговременном выветривании плотика в его элювиальной части могут возникнуть обогащенные участки, соответствующие по своей форме выходу коренного месторождения. Чем длительнее период выветривания, тем больше мощность (по вертикали) таких обогащенных участков. В полуделювиальных россыпях небольших логов и распадков, особенно в условиях сравнительно сухого климата, когда металлоносный обломочный материал перемывается проточной водой из значительного перемещения, подобного рода обогащенные участки могут играть большую роль, как это имеет место в некоторых золотоносных россыпях Южного Урала.

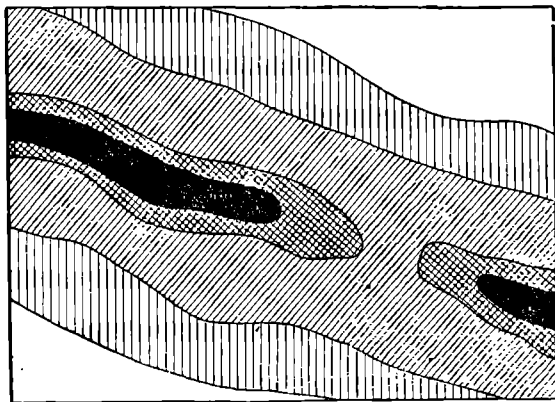
В одной и той же россыпи различные обогащенные участки могут возникнуть под влиянием разных причин. Так, например, при сланцевом плотике в начале накопления песков распределение в россыпи металла зависит исключительно от улавливающей способности плотика. Как только плотик окажется отделенным от активного слоя хотя бы небольшим слоем закрепившегося аллювия, его влияние на распределение металла прекращается, и дальнейшее образование обогащенных участков происходит под влиянием особенностей эрозионной деятельности. Обогащенные участки, образовавшиеся под влиянием различных причин, накладываясь друг на друга, часто создают сложную картину распределения металла в россыпи. Чтобы разобраться в ней и суметь сделать нужные выводы для направления разведочных и эксплуатационных работ, надо достаточно ясно представлять себе относительное значение каждой из причин, влиявших на распределение металла.

5. Степень постоянства россыпей

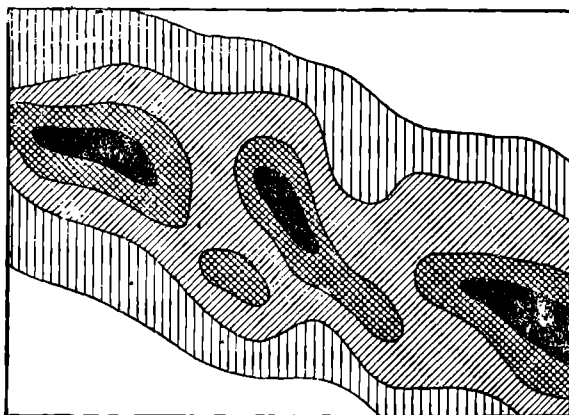
По степени постоянства своей формы и содержания металла россыпи могут быть чрезвычайно разнообразны. В одних россыпях и форма и содержание металла поддерживаются со сравнительно небольшими изменениями на довольно значительных протяжениях; в других россыпях они подвержены более значительным колебаниям на коротких расстояниях. Наименее постоянные россыпи представляют собой отдельные гнезда металлоносных песков, разделенные пустыми или почти пустыми промежутками. Само собою разумеется, что расположение разведочных выработок, густота их стен, достоверность запасов, подсчитанных по данным разведки, будут совершенно различными для различных категорий

россышей. Между тем, при разведке россышей степень их постоянства совершенно не учитывается, и ко всем россышам обычно прилагается одна и та же мерка, что, конечно, совершенно неверно.

В целях более рационального расположения разведочных выработок и получения сравнимых между собою цифр запасов по различным категориям россышей, безусловно, необходимо разделение их на несколько



Фиг. 194. Распределение металла в весьма постоянной россыпи.



Фиг. 195. Распределение металла в постоянной россыпи.

групп по степени их постоянства. В Колымском районе мною было предложено подразделение россышей по степени постоянства на пять категорий, которое я и привожу с некоторыми небольшими изменениями.

1. Россыпи весьма постоянные. Крупные россыпи с мощными песками, образующими непрерывную как по длине, так и по ширине залежь. Поперечные размеры залежи и содержание в ней металла хорошо выдерживаются на значительных расстояниях (фиг. 194).

2. Россыпи постоянные. Россыпи с мощными песками, образующими непрерывную залежь. Поперечные размеры залежи и содержание в ней металла хотя и изменяются в ту и иную сторону в довольно широких пределах, но все же довольно постепенно, так что допускают интерполяцию на более или менее значительные расстояния (фиг. 195).

3. Россыпи средние по постоянству. Россыпи, об-

разующие одну непрерывную залежь или распадающиеся на отдельные, но довольно крупные металлоносные участки. В пределах промышленных контуров мощности россыпи и содержание в ней металла подвержены значительным изменениям на довольно коротких расстояниях. Детальная разведка довольно точно дает общую цифру запаса на значительных участках, но точное пространственное распределение этого запаса по площади россыпи выяснено быть не может (фиг. 196).

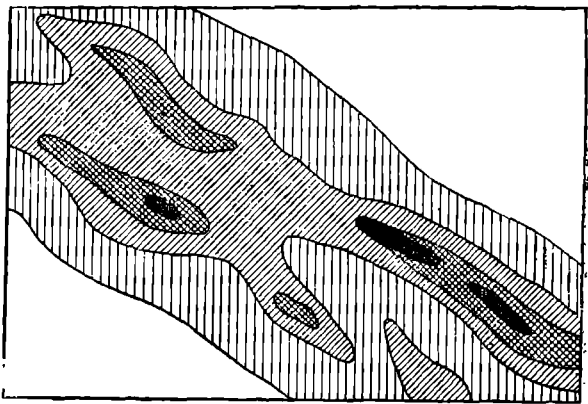
4. Россыпи непостоянные. Россыпи с весьма резкими изменениями поперечных размеров и содержания металла. Наиболее богатая струя россыпи или тянется непрерывно или распадается на отдельные более или менее длинные участки. По сторонам ее часто располагаются побочные промышленные струи, гнезда и пр., либо соеди-

няющиеся с главной струей, либо отделенные от нее. Детальная разведка даст общую цифру запаса довольно приблизительно (фиг. 197).

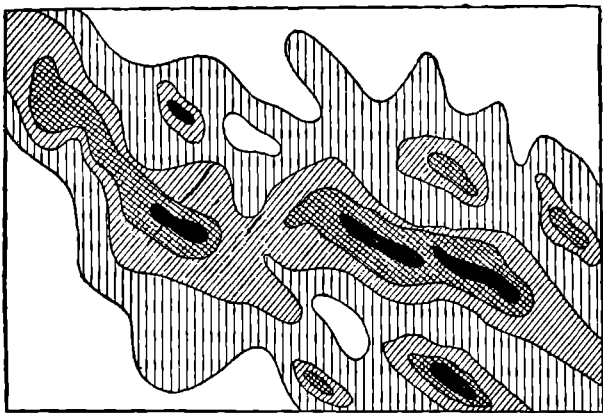
5. **Россыпи гнездовые.** Отдельные гнезда металлоносных песков, разбросанные по долине в пределах определенной полосы и разделенные между собою пустыми или почти пустыми промежутками. Детальная разведка дает лишь порядок цифры запаса (фиг. 198).

Одна и та же россыпь, изменяя свой характер по длине, может переходить из одной категории в другую. Часто россыпи, начинающиеся в самых верховьях ключей, бывают весьма непостоянны или даже носят гнездовой характер. Ниже по течению, где водный поток становится более спокойным, а долина более широкой и пологой, и россыпь делается более постоянной. Возможны и обратные случаи, когда в верхней своей части россыпь более постоянна, чем в нижней. Такова, например, была россыпь кл. Юбилейного в Колымском районе. В верхнем течении она представляла мощную залежь металлоносных песков около 2 м мощностью с выдержанным средним содержанием металла; в нижнем течении ключа, где происходит углубление русла, сопровождаемое образованием пойменных террас промежуточных уровней, россыпь обладала очень небольшой мощностью при богатом, но чрезвычайно изменчивом содержании металла.

При разведке и разработке россыпи особенно много хлопот доставляют непостоянные и гнездовые россыпи. Разведчик, проведя детальную разведку этих россыпей, при обычной густоте сети разведочных выработок, относит выявленный запас к категории А, не задумываясь над тем, насколько он достоверен. Эксплуатационник, также не задумываясь над этим, оперирует с этим запасом как с вполне достоверным и очень обижается, когда россыпь оказывается гнездовой. «Приспособившиеся» к гнездовым россыпям эксплуатационники применяют очень простой метод их разработки. При разведке подобной россыпи совершенно неизбежно одни шурфы попадают на богатые гнезда, другие между ними. На разгонку богатых шурфов ставятся старательские артели, и когда все вскрытые шурфами гнезда оказываются выхваченными, россыпь

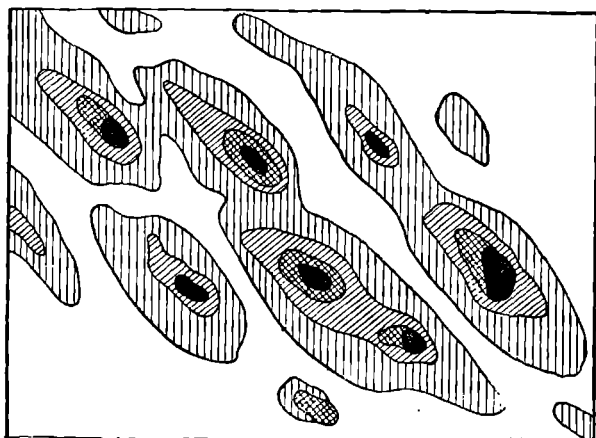


Фиг. 196. Распределение металла в россыпи среднего постоянства.



Фиг. 197. Распределение металла в непостоянной россыпи.

считается выработанной. Участок активируется как отработанный, а разведчик обвиняется в неправильной разведке. Все металлоносные гнезда, расположенные в промежутках между разведочными выработками, при этом, конечно, ускользают от использования.



Фиг. 198. Распределение металла в гнездовой россыпи.

Для того чтобы установить какие-то средние расстояния между разведочными выработками и среднюю густоту их сети для различных категорий россыпей, необходимы сбор и проработка большого цифрового материала. Для того чтобы несколько облегчить эту работу, можно было бы предложить следующую предварительную таблицу расстояний для различных категорий запасов (см. таблицу). Здесь для каждой категории россыпей и для основных категорий запасов даны: степень разведанности

Таблица расстояний между шурфами для различных категорий россыпей и запасов

Категории россыпей		Категории запасов			
		C ₀	C ₁	B	A
I	Разведанность, ш/га	< 0,2	0,2	1,2	2,5
	Между линиями, м	—	2 400	400	200
II	» шурфами, м	—	20	20	20
	Разведанность, ш/га	< 0,4	0,4	2,5	5
	Между линиями, м	—	1 200	400	200
III	» шурфами, м	—	20	10	10
	Разведанность, ш/га	< 1,2	1,2	5	10
	Между линиями, м	—	400	200	100
IV	» шурфами, м	—	20	10	10
	Разведанность, ш/га	< 2,5	2,5	10	
	Между линиями, м	—	400	100	*
V	» шурфами, м	—	10	10	
	Разведанность, ш/га	< 10	10		
	Между линиями, м	—	100	*	*
	» шурфами, м	—	10		

* По характеру россыпи запасы даны быть не могут.

в шурфах на 1 гектар и соответствующие ей длина и ширина участка, приходящегося на один шурф (т. е. расстояния между разведочными линиями и расстояния между шурфами в них). Для непостоянных россыпей не могут быть даны запасы категории А, а для гнездовых даже В. Запасы, получаемые в результате детальной разведки, могут быть отнесены по своей точности в непостоянных россыпях лишь в категорию В, а в гнездовых — в категорию С₁. Дальнейшее сгущение сети разведочных выработок вряд ли рационально, так как связанные с ним затраты велики, а увеличение точности цифры запасов по самому характеру россыпей не может быть очень большим. При буровой разведке, дающей менее надежные результаты, для получения тех же категорий запасов сеть скважин должна быть несколько гуще.

После сбора и проработки необходимого цифрового материала приведенные в таблице цифры, безусловно, должны будут подвергнуться тем или иным изменениям, но самая необходимость применять различную густоту сети разведочных выработок для определенных категорий запасов в зависимости от постоянства россыпи не может подлежать никакому сомнению.

Глава XXIV

ХАРАКТЕР РОССЫПНОГО МЕТАЛЛА

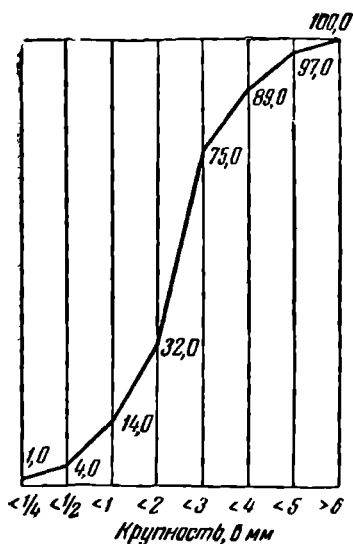
1. Крупность

Крупность частиц металла имеет большое значение не только в процессе образования россыпи, но и в процессе ее разработки. Вообще она колеблется в чрезвычайно широких пределах: от ничтожных, пылевидных частиц до громадных самородков в десятки килограммов весом. Но подавляющая масса добываемого из россыпей металла обладает крупностью частиц, заключенной в довольно узких пределах — от 0,25 до 10 мм в поперечнике. Но и в этих пределах не все размеры частиц являются одинаково распространенными; наиболее частыми являются размеры от 1 до 4 мм, а как более крупные, так и более мелкие менее часты. Для характеристики крупности металла обычно прибегают к ситовым анализам. На приисках для этой цели применяют обыкновенный набор почвенных сит с диаметром отверстий в 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4 и 5 мм. Таким образом каждая проанализированная проба металла разбивается по крупности на восемь фракций. Обыкновенно подвергаются ситовому анализу пробы металла, характерные для отдельных участков россыпи и для отдельных выработок. Чем лучше проанализированная проба, тем ближе она дает средний состав металла на данном участке или в данной выработке (конечно при условии, что она правильно взята). Поэтому при ситовых анализах следует брать по возможности крупные пробы, весом в несколько килограммов; лишь при ситовом анализе разведочных проб поневоле приходится обходиться небольшими количествами металла.

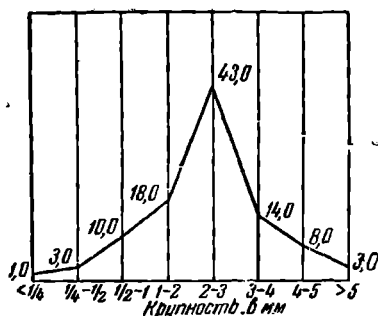
Данные ситовых анализов для большей наглядности обычно изображают графически. Для их изображения существуют два способа. При одном способе (фиг. 199) на восьми последовательных ординатах, расположенных на равных расстояниях друг от друга в порядке возрастания крупности частиц, откладываются количества металла (в процентах), прошедшие сквозь данное сито. Каждая ордината при этом показывает количество металла мельче данного размера (отложенная величина) и крупнее его (дополнение до 100 %). Это очень удобно для некоторых эксплуатационных расчетов, но кривая состава при этом получается очень не наглядная; кривые, выражающие довольно различный состав металла, все очень похожи друг на друга. Для геологического изучения россыпи и распределения в ней металла по крупности предпочтительнее пользоваться вторым способом изображения (фиг. 200). При нем на восьми ординатах наносятся процентные количества каждой из восьми фракций металла. Кривая состава при этом оттеняет даже небольшие колебания в крупности металла.

Одни ситовые анализы не всегда могут достаточно хорошо характеризовать крупность металла. О последней лучше всего судить по весу от-

дельных зерен металла, который всегда пропорционален их объему. В распределении же зерен металла по отдельным ситам играет громадную роль также их форма. Пластинчатые зерна даже при небольшом весе попадают в довольно крупные фракции; зерна изометричные, или вытянутые по одному направлению, при значительно большем весе могут попасть в более мелкие фракции; особенно легко задерживаются в крупных фракциях частицы ветвистой формы, но иногда очень небольшого веса. В пределах одной и той же фракции частицы металла могут разниться друг от друга по весу в 5—6, а иногда даже в 7—8 раз. Поэтому во многих случаях, особенно при детальном изучении россыпного металла, в дополнение к ситовым



Фиг. 199. Первый способ изображения ситовых анализов металла.



Фиг. 200. Второй способ изображения ситовых анализов металла.

анализам приходится производить весовой анализ, т. е. взвешивание частиц металла во всех наиболее крупных фракциях. Особенно полезно это бывает при определении предельного веса самородков.

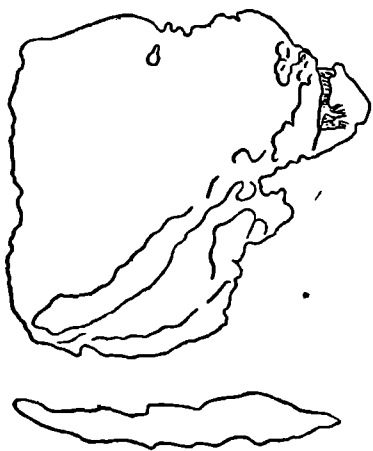
Комбинируя данные ситовых и весовых анализов, можно установить следующие градации для крупности частиц металла:

Металл весьма мелкий	мельче 0,5 мм
» мелкий	от 0,5 до 2 мм
» средний	от 2 мм до 0,2 г весом
» крупный	от 0,2 до 1 г весом
» весьма крупный	свыше 1 г весом

Недостатком такого разделения является то, что в его основу положены различные признаки: для мелких частиц — поперечный размер, для крупных — вес. Но, несмотря на это, оно все же много целесообразнее, чем разделение, основанное лишь на принадлежности частиц металла к той или иной фракции ситового анализа, так как гораздо ближе отражает действительное распределение частиц металла по крупности. Но следует еще раз отметить, что весовые данные лишь дополняют ситовой анализ, но не заменяют его.

В большинстве россыпей металл относится к трем средним группам (мелкий, средний и крупный); весьма мелкий и весьма крупный встречается в гораздо меньших количествах. Мелкий и весьма мелкий металл наиболее характерен для косовых россыпей и всех с ними связанных (озерных, дельтовых и пр.). Весьма крупный металл встречается иногда в больших количествах в некоторых аллювиальных россыпях.

Изучение крупности металла помимо того, что оно совершенно необходимо для геологического изучения россыпи, имеет очень большое значение для установления предельного веса самородков. Количество породы, промываемой при опробовании разведочных выработок, и количество получаемого при этом металла составляют лишь ничтожную часть песков и металла всей россыпи. При подсчете запасов мы делаем допущение, что на всем участке россыпи, тяготеющем к данной выработке, выдерживается то же содержание металла, которое получено в разведочных пробах. Для получения цифры запаса нам приходится количество металла, полученное в пробах, увеличивать в сотни и тысячи раз. Иногда в разведочных пробах попадают настолько крупные частицы металла, что их присутствие в данной пробе является случайным; если мы их вес включим полностью в вес пробы, то цифра запасов по участку у нас получится преувеличенной. Такие частицы, резко выделяющиеся по своей крупности из общей массы металла, носят название самородков.



Фиг. 201. Самородок золота с прииска Благовещенского (Ленский район) весом в 553,5 г; в. в. (по В. А. Обручеву).

Для каждой россыпи, а иногда и для каждого участка россыпи, устанавливается предельный вес самородков. Все частицы металла ниже этого веса полностью включаются в вес пробы; все частицы, превышающие предельный вес, считаются самородками; от них в вес пробы берется лишь предельный вес, а избыток фактического веса над предельным отбрасывается.

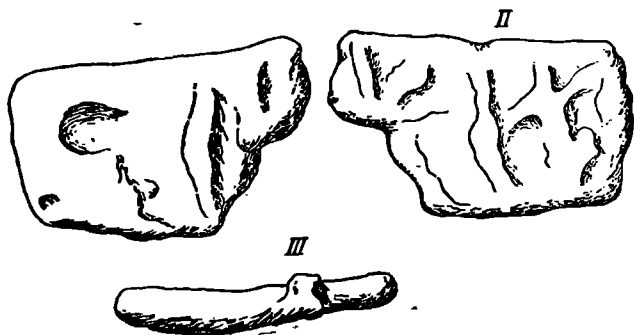
Во многих случаях для всей россыпи (но не для отдельных ее участков) подсчитывается добавочный запас на крупный металл; при этом подсчете отброшенный избыток веса самородков может быть принят во внимание. Сколько-нибудь разработанного метода установления предельного веса самородков не существует. На приисках пользуются для этого различными, в большинстве случаев доморощенными способами, из которых ни один не обоснован сколько-нибудь твердо математически.

Для различных россыпей предельный вес самородков изменяется в зависимости от общей крупности металла в россыпи. Для большинства россыпей он заключен в пределах от 0,2 до 0,5 г. В некоторых россыпях с мелким металлом он понижается даже до 0,1—0,15 г; в россыпях с крупным металлом он может значительно повыситься. Самородки весом от 1 до 10 г встречаются в громадном количестве в каждой россыпи за исключением, разве, косовых. Самородки от 10 до 100 г весом также встречаются в каждой россыпи, но уже в значительно меньшем количестве, а в россыпях с мелким металлом они представляют редкое исключение. Самородки от 100 г до 1 кг весом присутствуют далеко не в каждой россыпи, и весть об их находке часто облетает целые группы смежных приисков. Но все-таки в каждом металлоносном районе имеются россыпи с наиболее крупным металлом, где такие самородки не представляют большой редкости (фиг. 201, 202).

Самородки свыше 1 кг и до 10 кг весом представляют уже довольно большую редкость и встречаются даже не во всяком металлоносном районе. В тех районах, где они встречаются, они присутствуют лишь в одной или в очень небольшом количестве россыпей, которые специально этим сла-

вятся. Самородки свыше 10 кг весом являются уже весьма редким исключением. Их находка всегда бывает большим событием, и память о ней сохраняется в металлоносных районах в течение многих лет и десятилетий.

Наиболее крупными самородками золота славилась в свое время Восточная Австралия (штаты Виктория, Новый Южный Уэльс и др.). Отсюда происходят крупнейшие в мире самородки россыпного золота: «Приятный Незнакомец» весом в 69,67 кг и «Желанный» весом в 68,98 кг. Самородок «Посейдон», найденный в Виктории в 1906 г., весил 29,64 кг. Наиболее крупный из самородков, найденных в Клондайке, весил всего лишь 2,64 кг.



Фиг. 202. Самородок золота с прииска Иннокентьевского (Левский район, рч. Накатами) весом в 170 г; 0,8 н. в. (по В. А. Обручеву): I — сверху; II — снизу; III — сбоку.

Крупность россыпного металла заметно отражается на технических свойствах россыпи. В соответствии с ней приходится при промывке металлоносной породы давать шлюзам тот или иной уклон и ту или иную длину. Наиболее благоприятным в техническом отношении является металл средней крупности. Он может довольно равномерно распределяться в россыпи и сравнительно легко улавливается при промывке. Мелкий металл обычно распределяется в россыпи весьма равномерно, но значительно труднее улавливается при промывке; для уменьшения сноса приходится увеличивать длину шлюзов и уменьшать их уклон, но при очень мелком металле снос все-таки всегда имеет место. Особенно он увеличивается при глинистом составе песков и при промывке оборотной водой, почему в россыпях с мелким металлом часто приходится воздерживаться от зимней промывки песков. Крупный металл обыкновенно распределяется в россыпи неравномерно, вследствие чего точность подсчета запасов металла по россыпи и особенно по отдельным ее участкам сильно понижается. При промывке песков крупный металл очень удобен, так как легко улавливается, благодаря чему требуется меньшая длина шлюзов, и промывка может хорошо вестись, в случае надобности, оборотной водой. Но очень крупный металл, а также самородки уже представляют некоторое неудобство для промывки, так как во многих случаях вследствие своей крупности они не проходят через отверстия грохота и попадают в галечный отвал. Поэтому очень много самородков находим именно в отвалах. Кроме того, крупные частицы металла и самородки бывают хорошо видимы простым глазом в забое, при выемке песков; во многих случаях это ведет к значительному хищению металла. В прежнее время россыпи с крупным золотом всегда отдавались под старательские работы, так как при хозяйских работах хищения металла были настолько велики,

что даже россыпи с очень богатым содержанием приносили лишь убыток. Введение в качестве предупредительной меры против хищений оплаты «подъемного» металла во многих случаях достигает своей цели, но связано с излишними расходами, иногда весьма значительными.

2. Форма и окатанность

Частицы металла, освобождаясь от коренной породы, имеют первоначально ту же форму, что и в коренном месторождении. Для платины — это обычно зерна или сrostки зерен, более или менее изометричные, то с ясными кристаллическими ограничениями, то ксеноморфные, ограничения которых обусловлены ограничениями окружающих их в коренной породе минералов. Частицы золота обычно обладают более неправильной формой; реже эти кристаллы, всегда в той или иной мере искаженные, чаще самые неправильные формы — ветвистые, лапчатые, пластинчатые и пр.

Тотчас по освобождении из коренной породы частицы металла начинают подвергаться «окатыванию». В элювиальной россыпи этот процесс идет очень слабо, в делювиальной несколько заметнее, но в основном окатывание металла начинается лишь в аллювиальной россыпи. Процесс окатывания заключается в том, что частицы металла, с одной стороны, истираются, с другой, благодаря своей ковкости, обминаются, расплющиваются между гальками. Вначале, когда форма частиц еще очень угловата, основную роль в их окатывании играет процесс обмятия; когда форма становится более или менее устойчивой в условиях аллювиального переноса, начинает преобладать истирание. Прежде всего в процессе обмятия все наиболее выступающие углы обминаются, расплющиваются, становясь округленными; наиболее острые и тонкие выступы загибаются, принимая крючковатую форму, и постепенно прижимаются к поверхности частицы, образуя на ней различные неровности. Часто между такими неровностями и самой частицей можно заметить шов, который с течением времени сглаживается. Первичные углубления в поверхности частицы могут подвергаться оглаживанию лишь в том случае, если они достаточно открыты; если они узки и глубоки, то они постепенно суживаются и заполняются металлом по мере его расплющивания. Довольно часто на хорошо окатанных золотинках можно встретить подобные углубления, внутри которых золото носит совершенно рудный характер. Иногда в них попадают мелкие песчинки, которые при дальнейшем расплющивании металла могут оказаться совершенно в него закатанными.

В верхнем конце аллювиальной россыпи частицы металла носят вполне явные следы своей первоначальной формы. В некоторых россыпях они являются здесь чрезвычайно прихотливыми, фигуристыми. По мере движения вниз по россыпи металл постепенно становится все более окатанным, и в нижнем ее конце первоначальная форма частиц чувствуется в сравнительно небольшом их числе. Форма частиц металла может быть чрезвычайно многообразна, но, несколько ее схематизировав, все-таки можно уложить ее в сравнительно небольшое число наиболее часто встречающихся категорий.

1. К р и с т а л л ы — частицы металла, со всех или нескольких сторон ограниченные кристаллическими гранями. Кристаллы могут быть правильно образованными (изометричными) и искаженными (обычно вытянутыми по тройной оси симметрии). Часто грани кристаллов бывают искривлены или покрыты довольно грубой штриховатостью.

2. К р и с т а л л и ч е с к и е с р о с т к и — сrostки двух или нескольких кристаллических зерен. Сrostки могут быть закономерными (двойниковые и параллельные) и случайными.

3. Дендриты — ветвистые формы, обычно уплощенные, с удлиненными веточками или отростками, отходящими от средней линии под определенными углами, образуя зубчатые или сильно изрезанные края.

4. Дендритовидные формы — приближаются к дендритам, отличаясь от них неправильно нарастающими или недостаточно развитыми веточками. По общим очертаниям и степени их изрезанности могут быть чрезвычайно разнообразны.

5. Неправильные рудные формы, не могущие быть отнесенными ни к кристаллам, ни к дендритам, представляют собой ксеноморфные частицы, образовавшиеся в коренном месторождении от выполнения пустот между жильными минералами. Обычно обладают сильно угловатой, неправильно ветвистой или лапчатой формой с множеством острых отростков, причем в отличие от дендритов обычно не являются заметно уплощенными.

6. Палочки — сильно вытянутые по одному направлению частицы металла. По степени удлинения можно различать короткие и длинные палочки; по продольному профилю — ровные и узловатые; по поперечному сечению — округлые, ребристые, граненые и пр.; по степени искривления — прямые, изогнутые, крючочки, колечки, спиральки, крендельки и т. д.

7. Проволочки — весьма сильно вытянутые по одному направлению частицы, еще более тонкие, нежели палочки.

8. Нитевидные формы — наиболее тонкие, сильно удлиненные частицы металла.

9. Зерна — более или менее изометричные или несколько удлиненные или приплюснутые по одному направлению частицы металла. Помимо общей формы зерен (изометричные, вытянутые, приплюснутые) можно различать по их очертаниям зерна округлые, угловатые, многогранные, неправильные и пр.

10. Крупинки — мелкие изометричные зерна. Как и последние, могут быть округлыми, угловатыми, многогранными, неправильными и пр.

11. Таблички — частицы металла, в которых толщина заметно (но не очень резко) меньше двух других измерений и более или менее постоянна, что отличает их от приплюснутых зерен, где толщина сильно меняется от середины к краям.

12. Пластины — частицы металла, в которых толщина резко меньше двух других измерений. По их очертаниям в плане можно различать таблички и пластинки: угловатые, многоугольные, эллиптические, округлые, неправильные, а также изометричные и вытянутые.

13. Чешуйки — мелкие пластинки изометричные или слабо вытянутых очертаний, часто имеющие вогнуто-выпуклую или утолщающуюся к одному краю форму.

14. Пылинки — чрезвычайно мелкие (0,25 мм) частицы металла самой разнообразной формы.

15. Самородки — наиболее крупные частицы металла самой разнообразной формы, которая обычно характеризуется в описательном виде.

Помимо общей формы частиц металла можно различать еще ту или иную скульптуру их поверхности. Эта скульптура может выражаться как положительными формами (выступы), так и отрицательными (углубления). Первичные выступы на поверхности частиц наиболее заметны в малоокатанном металле, в котором и форма их наиболее разнообразна. По мере окатывания металла эти выступы принимают форму округлых бугорков, которые постепенно становятся все более плоскими. Помимо первичных выступов в некоторых редких случаях могут присутствовать вторичные выступы в виде таких же округлых бугорков или бородавок. Они

возникают при нарастании металла здесь же в россыпи путем выделения его из циркулирующих в ней грунтовых вод. Условия, необходимые для возможности этого процесса, являются довольно специфическими и довольно далекими от условий наших металлоносных районов.

Первичные углубления сохраняются в поверхности частиц металла значительно дольше, чем выступы, но с течением времени постепенно сглаживаются и они, сначала превращаясь в небольшие рытвинки или оспины, заполненные иногда окристым веществом, а потом исчезая совершенно. Вторичные углубления представлены преимущественно царапинами самого различного размера. Наиболее крупные из них хорошо различимы простым глазом, более мелкие могут быть наблюдаемы лишь в лупу. Иногда углубления в поверхности частиц металла могут появляться в результате их деформации в россыпи. Хорошо окатанные частицы металла обладают совершенно ровной, гладкой поверхностью, лишенной каких-либо неровностей за исключением мелких царапин.

3. Строение

Зерна россыпного металла как золота, так и платины, исследованные под микроскопом в полированных шлифах, в подавляющем большинстве случаев обнаруживают после травления кристаллически-зернистую структуру. Размер зерен и их очертания бывают различными. В редких случаях удастся, и то не вполне отчетливо, обнаружить концентрически-скорлуповатое, как бы конкреционное сложение. Микроскопическое изучение структур россыпного золота в настоящее время только начинается.

Помимо зерен самого металла, в сложении его частиц принимают иногда участие и посторонние минералы. Это могут быть или первичные минералы, представляющие остатки жильной породы, или вторичные, возникшие или присоединившиеся к частицам металла уже в россыпи. Платина очень часто находится в тесном сростании с жильными минералами; последние бывают представлены обычными минералами перидотитов и пироксенитов: оливином, змеевиком, пироксенами, хромитом. Иногда количество жильных минералов превышает даже количество находящейся с ними в сростании платины. Из минералов, находящихся в сростании с золотом, наиболее обычным является кварц; золотишки с кварцем можно встретить в любой золотоносной россыпи. Остальные жильные минералы встречаются значительно реже; среди них наиболее частыми являются, пожалуй, турмалины и полевшпаты, присутствующие вместе с кварцем. Рудные минералы, преимущественно сульфиды (изредка, как на Алдане, магнетит или железный блеск), встречаются в сростании с золотом лишь недалеко от коренного месторождения; по мере своего продвижения в аллювиальной россыпи они подвергаются окислению, превращаясь в бурый железняк. Часто окисление происходит еще в верхних горизонтах коренного месторождения, и тогда золото, только освобождаясь от него, сопровождается бурым железняком; последний очень часто покрывает более или менее толстым слоем всю поверхность золотинок, которые в этом случае носят название «золота в рубашке».

Количество жильной породы, находящейся в сростании с золотом и платиной, бывает самым различным. От почти чистого металла лишь с небольшими зернышками жильных минералов существуют всевозможные переходы до гальки жильной породы с тем или иным количеством вкрапленного в нее металла. Чем больший процент породы приращен к металлу, тем меньше средний удельный вес всего кусочка и тем менее возможна его концентрация в россыпи. Поэтому металлоносная галька может встречаться как в торфах, так и далеко за пределами россыпи

вниз по течению. Подвергаясь выветриванию и распадаясь здесь же в аллювии на части, эта галька может освобождать заключенный в ней металл. Нахождение такого металла, имеющего совершенно рудный облик, отнюдь не может служить доказательством близости коренного месторождения.

Чем дальше от коренного месторождения, тем большему рассеянию подвергается металлоносная галька. Поэтому в большом удалении от своего первоисточника она встречается в аллювии весьма спорадически и не может служить объектом промышленной эксплуатации. Вблизи коренного месторождения, особенно в полуделювиальных, лишь слабо смещенных россыпях, металлоносная галька может образовать настолько значительные скопления, что станет выгодной ее промышленная разработка. Таковы, например, некоторые полуделювиальные золотоносные россыпи Миасского района в Южном Урале. Помимо своего непосредственного промышленного значения металлоносная галька представляет громадный интерес для геолога-поисковика, так как позволяет заранее, еще до обнаружения коренного месторождения, ознакомиться с его минералогическим составом и сделать соответствующие выводы при направлении и производстве рудно-поисковых работ. Изобилие в россыпи металлоносной гальки, как уже отмечалось ранее, неблагоприятно отражается на богатстве россыпи свободным металлом.

Из вторичных минералов, ассоциирующихся с частицами россыпного металла, прежде всего следует отметить бурожелезняковую рубашку. При залегании россыпи на сильно пиритизированном плотике циркулирующая в ней по поверхности плотика грунтовая вода бывает богата соединениями железа. Поэтому в нижних горизонтах аллювия на поверхности гальки и особенно частиц металла постепенно нарастает бурожелезняковая рубашка. В некоторых случаях бурый железняк выделяется в настолько значительном количестве, что цементирует нижний слой аллювия в плотный железистый конгломерат. Таковы, например, были золотоносные железистые конгломераты, встречавшиеся в 1929 г. в основании аллювия на прииске Борискином в Колымском районе. В наших северных золотоносных районах, где процессы окисления золоторудных месторождений протекают весьма слабо, бурожелезняковая рубашка на золоте в большинстве случаев является вторичной, образовавшейся уже в россыпи, но не представляет собой остатки бурого железняка из верхних горизонтов коренного месторождения. Поэтому наличие в россыпи золота в рубашке далеко не всегда является признаком близости коренного месторождения.

Наличие рубашки неблагоприятно отзывается на технических свойствах россыпного золота. Прежде всего, золото в рубашке не поддается амальгамации и потому труднее для улавливания. Присутствие рубашки, особенно толстой, понижает средний удельный вес частиц и тем увеличивает снос металла при промывке. Наконец, даже уловленные золотины в рубашке при окончательной доводке золота в лотке часто из него выбрасываются, будучи принимаемы за кусочки породы.

Иногда отложение бурого железняка (в более редких случаях известнякового или какого-либо иного цемента) происходит в аллювии в местах соприкосновения частиц металла с обломками посторонних пород, к которым частицы металла более или менее крепко прирастают. Предельным случаем такого скрепления является образование конгломерата. Иногда такие совершенно случайные обломки неправильно принимают за остатки жильной породы коренного месторождения. В других случаях отдельные песчинки и даже более мелкие галечники забиваются в первичные углубления, имеющиеся в частицах металла, и плотно там застревают. После дующее распыливание металла может их окончательно там закрепить

и весьма плотно заделать. Такие случайно захваченные металлом обломочки иногда очень трудно бывает отличить от остатков первичной породы.

4. Физические и химические свойства

Золото представляет собой мягкий и ковкий металл золотисто-желтого цвета, кристаллизующийся в кубической сингонии. Твердость золота по шкале Мооса от 2 до 3. Удельный вес чистого металла 19,33, природных разностей в зависимости от их состава — от 12 до 19,3. Температура плавления золота 1065—1421°. Оттенки цвета зависят от пробы золота. Наиболее высокопробное золото обладает едва уловимым красноватым оттенком; менее высокопробное обладает чистым желтым цветом. С увеличением примеси серебра золото приобретает беловатый оттенок, а наиболее низкопробное золото (проба 650—700) обладает зеленоватым оттенком. Впрочем иногда и низкопробное золото, содержащее большую примесь меди, бывает несколько красноватым. С поверхности цвет россыпного золота несколько иной, чем в свежем разрезе; он более красноватый, тусклый и темный.

Из химических примесей россыпного золота наиболее обычной и значительной является примесь серебра. Из остальных примесей чаще других встречается примесь железа (главным образом в составе рубашки или поверхностного налета) и меди. Значительно более редкими примесями являются: висмут, палладий, родий, платина, иридий. При определении состава россыпного золота в подавляющем большинстве случаев ограничиваются установлением его пробы; из примесей определяется лишь серебро, и то далеко не всегда и не вполне надежно. Во многих случаях проба золота по отдельным россыпям устанавливается на глаз, по цвету его черты на пробном камне. Вполне достоверные данные дают золотосплавочные лаборатории, но они определяют пробу золота не по отдельным россыпям, а по целым золотоносным районам.

Вообще проба россыпного золота заключается в пределах от 500 до 999. Наиболее обычны пробы от 800 до 950; как более высокопробное, так и более низкопробное золото встречается значительно реже. Средняя проба золота из различных россыпей одного и того же района обычно колеблется в сравнительно узких пределах, но почти в каждом районе имеется небольшое количество россыпей, где средняя проба золота резко отлична в ту или другую сторону. Так, например, в Ленском районе при средней пробе со всех приисков за время 1889—1899 гг. около 900—907 она колебалась по отдельным приискам от 810—830 до 900—930, местами опускаясь ниже 800 и даже до 662, а местами поднимаясь до 965 и даже 981.

Для большинства россыпей определяется лишь средняя проба золота; отдельные пробы могут отличаться от нее в ту или иную сторону. В большинстве случаев эти отличия невелики, но иногда указываются очень большие колебания. В тех случаях, когда россыпь питается металлом из нескольких коренных месторождений, она может обладать металлом довольно различной пробы.

Платина представляет собой довольно мягкий (твердость 4—4½) металл от серебристо-белого до стально-серого цвета, кристаллизующийся в кубической сингонии. Характерным свойством платины является ее магнитность. Удельный вес природной платины в зависимости от ее состава колеблется от 14 до 19; удельный вес чистой сплавленной платины 21,5, а после холодной проковки он увеличивается до 23.

Чистая платина в природе не встречается: обычно она содержит значительное количество примесей, среди которых главная роль принадлежит железу. Платина с большим содержанием железа (12—20 %) носит название ферроплатины, с меньшим (5—11 %) — поликсена. Помимо железа

в платине часто содержится примесь иридия, палладия, родия, меди, никеля; при увеличении примеси иридия возникает иридистая платина и платинистый иридий; при увеличении примеси палладия и родия — палладистая и родистая платина. Ферроплатина, поликсен, иридистая платина и платинистый иридий связаны с ультраосновными породами — перидотитами и пироксенитами (аккумуляционные месторождения), палладистая и родистая платина — с основными породами: габбро, норитами, базальтами (ликвационные месторождения).

Кроме платины, в россыпях часто встречаются совместно с нею другие металлы платиновой группы. Из них наиболее обычным является осмистый иридий, который в некоторых редких случаях образует самостоятельные россыпи. Это светлосерый минерал с металлическим блеском, кристаллизующийся в гексагональной сингонии в форме шестиугольных пластинок и табличек. Твердость 6—7; хрупок, удельный вес от 17,0 до 21,1. По химическому составу представляет непрерывный ряд переходов от осмистого иридия (невьянскит) до иридистого осмия (сысерскит). Все разновидности обычно содержат заметную примесь рутения и родия, а также очень небольшую примесь платины, железа, меди. Значительно реже в россыпях встречается самородный палладий. Он представляет собой серебристо-белый или светлосерый металл, кристаллизующийся в кубической сингонии. Твердость его 4—5, удельный вес по сравнению с другими благородными металлами очень небольшой — 10,84—11,5. По химическому составу представляет собой почти чистый палладий.

5. Изменение характера металла по длине россыпи

По мере продвижения от верхнего конца россыпи к нижнему характер металла может заметно изменяться. Особенно велики бывают эти изменения при большой длине россыпи. Подвергаются изменению преимущественно:

- 1) степень окатанности частиц металла;
- 2) крупность их;
- 3) химический состав металла.

Само собою разумеется, что все эти изменения могут быть сколь угодно закономерными лишь в том случае, если россыпь питается металлом из одного источника, благодаря чему расположение металла по длине россыпи характеризует длину пройденного им пути. Если россыпь питается металлом из нескольких коренных источников, разбросанных по ее длине, то изменения характера металла не могут быть закономерными, а будут зависеть от расположения коренных месторождений. До сего времени ни в одной россыпи изменения металла по ее длине не были изучены систематически, поэтому в данном вопросе приходится основываться на отдельных, разрозненных фактах и наблюдениях.

Наиболее простыми являются изменения окатанности металла. Чем ниже по течению расположен металл, тем более длинный путь он прошел в россыпи и тем большее окатывание испытал на этом пути. Поэтому в верхнем конце россыпи металл в общей своей массе является менее окатанным и содержит большой процент чисто рудных, совершенно неокатанных частиц. По мере продвижения вниз металл становится все более и более окатанным, а рудные частицы сначала сокращаются в числе, а потом и вовсе исчезают. Но, впрочем, они могут появиться в любом участке россыпи благодаря освобождению из выветрелой и распавшейся на части металлоносной гальки. Вообще говоря, в каждом данном участке россыпи крупный металл должен являться более окатанным, нежели мелкий. Хотя длина пройденного ими пути одинакова, но мелкий металл

благодаря своей гораздо большей подвижности совершил его в более короткий срок. Так как истирание металла происходит не столько при его собственном передвижении, сколько при передвижении вокруг него обгоняющих его гальки и песка, степень его окатанности зависит не только от длины пройденного пути, но и от затраченного на это времени. Поэтому, естественно, крупный металл должен быть более окатанным. Каких-либо наблюдений в этом направлении не имеется.

Изменение крупности металла по длине россыпи является несколько более сложным. Иногда общий характер этих изменений представляют довольно упрощенно, считая, что они должны совершаться так, как если бы весь металл россыпи был высыпан сразу в верхнем ее конце и затем подвергался размыву рекою: наиболее крупные частицы остались на месте, а чем мельче частицы, тем дальше они переместились от своего исходного положения. Такое упрощенное представление неверно с генетической точки зрения и не соответствует наблюдаемым фактам. Основное отличие заключается в том, что металл поступает в россыпь отдельными, разновременными порциями. Наиболее ранние порции успевают сместиться значительно ниже по течению, чем наиболее поздние. В пределах каждой порции распределение металла примерно соответствует вышеуказанному представлению: в верхней ее части, в головке, располагается наиболее крупный металл, в хвостовой части — наиболее мелкий. Но благодаря местным условиям концентрации металла, размыву россыпи частью при углублении, частью при расширении долины и другим причинам обычно происходит перемешивание металла не только в пределах одной порции, но и различных порций между собою.

Во всяком случае, в большинстве россыпей по крупности металла могут быть выделены две части: верхняя, головная, где сосредоточены головные части всех порций металла, вплоть до наиболее ранних, и нижняя, хвостовая, куда снесен более мелкий металл из различных порций. В пределах головной части россыпи нельзя установить правильного убывания крупности металла вниз по течению; распределение крупного металла по длине россыпи обусловлено содержанием его в разновременных порциях. Часто наблюдается, что наиболее крупный металл располагается не в верхнем конце россыпи, а на расстоянии нескольких сот и даже тысяч метров от него, в общем там, куда успела продвинуться заключавшая его порция. Процентное содержание крупного металла в головной части россыпи во многих случаях убывает вниз по течению, но не столько за счет уменьшения его абсолютного количества, сколько за счет увеличения количества мелкого металла: в верхнем конце россыпи почти весь мелкий металл бывает вынесен, а в нижнем конце ее головной части значительная часть этого металла отлагается. Хвостовая часть россыпи характеризуется постепенным, хотя, может быть, и не совсем плавным убыванием крупности металла вниз по течению.

Изменения химического состава металла вниз по течению никем систематически не изучались, но по этому вопросу имеется значительная литература, основанная преимущественно на случайных фактах. Многими исследователями обращено внимание на то, что золото коренных месторождений в большинстве случаев обладает меньшей пробой, чем золото образовавшихся из них россыпей. К. И. Богданович приводит целый ряд подобных примеров. Так, на Урале россыпное золото около Березовска имеет пробу 910—925, а рудное Пышминское — 866. Золото россыпей Black Hills имеет пробу 893—917, а золото коренного месторождения Homestake, из которого произошло россыпное, всего только 820—850. В Калифорнии в Plumas County проба рудного золота колеблется от 662 до 883, а россыпного — от 800 до 950; в Sierra County рудное золото имеет пробу 622—883, россыпное — 900—948. Такую разницу в пробе рудного

и россыпного золота обычно объясняют тем, что золото, попадая в россыпь, подвергается долговременному воздействию циркулирующих в ней грунтовых вод, которые выщелачивают из него серебро, тем самым повышая его пробу. В этом случае характер изменения пробы золота в россыпи должен быть вполне закономерным:

1. Чем ниже по течению, тем проба золота должна быть выше, так как тем дольше оно было в россыпи.

2. Чем мельче золото (из одной и той же порции металла), тем относительно больше поверхность его соприкосновения с грунтовыми водами и тем выше его проба.

3. В крупных самородках во внешних зонах проба золота должна быть выше, чем в середине.

Целый ряд разрозненных фактов подтверждает правильность таких выводов, но каких-либо систематических исследований над россыпным металлом в этом направлении не велось.

Э. Майер отмечает, что в долине рч. Семи проба золота неизменно возрастает вниз по течению. Но в то же самое время в целом ряде других россыпей района проба золота вниз по течению убывает. Пробы золота различной крупности, собранные Майером с целого ряда приисков, в большинстве случаев показывали наиболее низкую пробу в самом мелком золоте и наиболее высокую — в самородках. Таким образом вопрос о повышении пробы золота по мере его продвижения в россыпи нельзя считать окончательно решенным, в этом направлении приходится ждать дальнейших, детальных и систематически проведенных исследований. Как совершенно правильно указывает Майер, в различных участках коренного месторождения, за счет разрушения которых образовалась россыпь, золото могло обладать различной пробой и особенно могла быть различна проба мелкого и крупного золота.

Для платины также указывается повышение ее пробы в россыпных месторождениях. Очищение платины обусловлено окислением и выщелачиванием из нее меди, никеля и палладия. Некоторое значение, вероятно, имеет и то обстоятельство, что в зернах платины, освобождающихся из коренного месторождения, периферическая часть, скорее всего подвергающаяся истиранию, обычно бывает наиболее загрязнена примесями, а центральная часть является наиболее чистой.

6. Химический перенос золота в россыпи

Наблюдающаяся иногда значительная разница в химическом составе рудного и россыпного золота, наряду с некоторыми другими фактами, дала повод для возникновения теории химического переноса золота в россыпях. Согласно этой теории, грунтовые воды, циркулирующие в россыпи, не только выщелачивают серебро, но также растворяют и золото, которое при соответствующих условиях может вновь из них выделиться. Многие особенности распределения золота в россыпях, в том числе и нахождение в них крупных самородков, объясняли именно таким способом. Некоторые геологи даже считали, что таким путем образуется большая часть, если не все россыпное золото. Одни считали, что первоначально золото было равномерно распределено во всей массе аллювия, другие даже предполагали, что оно попало в речные долины в составе растворов, образовавшихся в верхних горизонтах коренного месторождения.

Помимо более высокой пробы россыпного золота, эта теория опиралась еще на то, что большинство крупных самородков происходит будто бы из россыпей, а не из коренных месторождений. Как отмечали Линдгрэн, Богданович и др., это не соответствует истине, так как много крупных самородков встречалось и в жилах и в частности наиболее крупный

самородок весом в 93,3 кг найден в кварцевой жиле Hill End в Новом Южном Уэльсе (Австралия). Кроме того, теория химического переноса золота в россыпях опиралась еще на целый ряд разрозненных фактов. Так, например, иногда находили кристаллы золотосодержащего пирита наросшими на корешках и ветках растений или кусках дерева, попавших в россыпь. Содержание золота обнаружено в золе деревьев, растущих на поверхности золотоносных площадей. В Новой Зеландии находили значительные количества тонкого проволочного золота непосредственно на поверхности или неглубоко под ней. Условия нахождения этого золота, по мнению Богдановича, исключают возможность его происхождения из коренного месторождения. Наконец, в двух образцах россыпного золота из Новой Гвинеи наблюдалась концентрическая, конкреционная структура.

В последнее время очень интересные наблюдения произведены Ф. Фрейзе в золотоносных россыпях Южной Америки. Им было установлено здесь две разновидности золота. Одна разновидность, преобладающая, представляла обычное аллювиальное золото; вторая разновидность, встречающаяся в подчиненном количестве, отличалась своим несколько буровато-зеленоватым оттенком, бородавчатой поверхностью, более трудной растворимостью в кислотах и меньшей способностью амальгамироваться. Фрейзе было установлено, что последняя разновидность представляет собою золото, отложенное здесь же в россыпи циркулирующими в ней поверхностными растворами; необходимым условием для переотложения золота в россыпи является богатство растворов органическими соединениями. Работы Фрейзе, наряду с целым рядом ранее известных фактов, с несомненностью доказывают возможность химической миграции золота в россыпях. Однако для этого требуются довольно специфические условия, прежде всего, достаточно жаркий климат и затем, повидимому, участие органических соединений. В общем, случаи химической миграции золота в россыпях не очень многочисленны. В настоящее время за этим явлением не признается не только универсальное, но даже сколько-нибудь значительное участие в процессах формирования россыпей, хотя, как небольшая деталь, оно в некоторых случаях, несомненно, имеет место.

У нас теория химической миграции золота в россыпях нашла наиболее полное отражение в работах В. А. Обручева; в частности, россыпям Ленского золотоносного района В. А. Обручев приписывает химическое происхождение. Основанием для этого служат следующие соображения.

1. Несмотря на неоднократно производившиеся поиски золоторудных месторождений, таковые в районе не обнаружены. Кварцевые жилы либо пусты, либо содержат ничтожные количества золота; пиритизированные породы всегда золотоносны, но очень слабо. Это приводит В. А. Обручева к заключению, «что надежды на открытие рудного золота невелики, если судить по всем имеющимся данным как научным, так и практическим».

2. Неизменно выдерживающаяся золотоносность пиритизированных зон и локализация наиболее богатых россыпей в пределах сильно пиритизированных участков заставляет считать первоисточником россыпного золота пирит вмещающих пород. Слабая золотоносность пирита делает необходимым предварительное обогащение химическим путем.

3. Элювиальный характер нижних двух третей металлоносного пласта и часто шероховатый, крючковатый характер золота в них исключают возможность водного переноса и отложения.

4. Наблюдаемое в россыпях Ленского района постоянство содержания золота не характерно для аллювиальных отложений (?).

5. Проба золота очень постоянна на значительных протяжениях, тогда как в настоящих аллювиальных россыпях она должна увеличиваться вниз по течению от выхода коренного месторождения.

Все эти соображения приводят В. А. Обручева к заключению, что Ленские россыпи образовались путем выщелачивания золота грунтовыми водами из пирита вмещающих пород. При соприкосновении с какими-нибудь восстановителями золото выделялось в виде крупинок и зерен в элювии плотика. Ширина россыпи определяется шириною грунтового потока. Однако вряд ли изложенные выше соображения являются достаточными для построения столь сложной и необыкновенной схемы образования долинных россыпей. Отсутствие концентрированных коренных месторождений является чрезвычайно простым фактом, не требующим какого-либо научного обоснования. Оно лишь показывает, что поиски велись немело, количество произведенных работ и затраченных времени и средств не доказывает ничего. В том, что такие месторождения существуют, не может быть никаких сомнений. Приуроченность россыпей к пиритизированным зонам совершенно понятна, так как интенсивная пиритизация пород отмечает участки наибольшего проявления гидротермальной деятельности, независимо от того, представлены ли коренные месторождения зальбандами или кварцевыми жилами.

Металлоносный пласт в большинстве аллювиальных россыпей, особенно в более древних, в нижних своих частях имеет элювиальный характер. Золото, выросшее в россыпи, должно быть бородавчатым, но не крючковатым; крючковатое золото, несомненно, освободилось из коренной породы; фотографии этого золота убеждают в его аллювиальном, но не химическом происхождении. Постоянство содержания металла отнюдь не является аргументом против аллювиального происхождения россыпи. Теория изменения пробы золота по длине россыпи настолько нетвердо установлена, что постоянство пробы говорит против теории, но отнюдь не против аллювиального происхождения россыпи.

Кроме того, теория химического происхождения россыпей возбуждает целый ряд вопросов, освещение которых потребовало бы слишком большого ее усложнения. Почему золото, выделявшееся в элювии, никогда не цементирует его кусочков и не обволакивает песчинки, кусочков пирита и пр.? Почему выделение золота из растворов имело место только в долинах, но не на возвышенностях, где породы не менее пиритизированы? Почему золото выделялось не по всей ширине долины, а лишь в прирусловой зоне, где, казалось бы, грунтовые растворы вследствие просачивания воды из русла должны быть наименее концентрированными и вовсе не выделять золота? Почему не наблюдается зависимости между распределением золота и водопроницаемостью пород? Почему металлоносный пласт часто является месниковатым, тогда как грунтовые растворы, в силу его водоупорности, должны были бы стекать по его поверхности, а не пропитывать его? Почему распределение химически отложенного золота зависит от неровностей плотика и т. д. и т. д.?

Наконец, есть еще одно соображение, которое говорит прямо против химической теории. Если даже согласиться со всеми доводами В. А. Обручева, то россыпи Ленского района могут быть только аллювиальными. Не подлежит никакому сомнению, что речные долины района переживали целый ряд эрозионных циклов, прежде чем образовались долинные россыпи, расположенные на наиболее низком уровне. Последние из этих циклов оставили следы в виде речных террас, расположенных на различных уровнях. В течение каждого из этих циклов шло образование россыпей на соответствующих эрозионных уровнях. Если допустить, что оно шло в точности по схеме В. А. Обручева, то «аллювиальный» металл, накопившийся в течение длительного ряда эрозионных циклов, с наступлением каждого следующего цикла неизбежно подвергался перемыву, т. е. превращался в типичный аллювиальный металл. Поэтому каждая россыпь могла содержать лишь незначительное количество «аллювиального» метал-

ла, накопившегося в течение ее существования, тогда как главная масса металла, попавшая в россыпь тем или иным путем в течение всех предыдущих эрозионных циклов, с самого начала разрушения коренных месторождений (или пиритизированных зон), в результате неоднократных перемывов неизбежно должна стать аллювиальной. Террасы различных уровней содержат россыпи более богатые, чем долинные россыпи. На перемыв террасовых россыпей при образовании долинных указывает и В. А. Обручев. Если главная масса золота долинных россыпей является элювиальной, то куда же девалось все перемытое золото террасовых россыпей? Тот факт, что последние были богаче долинных, определенно указывает на то, что долинные россыпи являются типичными аллювиальными, образовавшимися за счет перемыва террасовых россыпей. Если даже допустить, что в долинных россыпях шло образование «элювиального» золота по схеме В. А. Обручева, то во всяком случае количество его по сравнению со всей массой золота в россыпи должно быть ничтожным и ни в коем случае не может объяснить всех особенностей россыпей. А тем самым и сама «химическая» теория становится совершенно ненужным усложнением. Таким образом даже принятие всех доводов В. А. Обручева неизбежно приводит к их отрицанию, и его аргументы перестают быть таковыми. Весь имеющийся фактический материал приводит к убеждению, что долинные россыпи Ленского района, как и во всех других золотоносных районах, могут быть только аллювиальными.

Платина, как и золото, изредка обнаруживает следы химического перемещения в россыпи. Иногда она встречается в сталактитовых или конкреционных формах с радиально-лучистым строением. Будучи находимы в россыпях, подобные формы являются совершенно неокатанными, что ясно говорит об их выпадении из коллоидальных растворов здесь же в россыпи.

Глава XXV

МИНЕРАЛОГИЯ РОССЫПЕЙ

1. Общая характеристика шлиха

Помимо благородных металлов, в россыпях концентрируются многие другие минералы, которые при промывке металлоносных песков также улавливаются промывательными устройствами. Все эти минералы носят собирательное название «шлиха». Минералы шлиха должны удовлетворять трем основным условиям:

1. Они должны обладать повышенным удельным весом для того, чтобы была возможна их концентрация в россыпи, а также улавливание при промывке.

2. Они должны быть достаточно устойчивыми механически (твердыми или вязкими), чтобы поддерживать условия аллювиального переноса, не подвергаясь быстрому и полному измельчению.

3. Они должны быть достаточно устойчивыми химически, чтобы выдержать водный перенос и циркуляцию грунтовых вод в россыпи, не подвергнувшись быстрому и полному растворению.

Минералы среднего удельного веса, как кварц (2,7), полевшпаты (2,6—2,8) и пр., хотя и присутствуют в россыпях в значительном количестве, но не испытывают там процесса концентрации и не улавливаются при промывке металлоносных песков; все же плохо отмытый шлик всегда содержит ту или иную их примесь. Минералы, неустойчивые механически или химически, хотя и присутствуют в шлихах, но обычно в незначительном количестве и прослеживаются на небольшом протяжении россыпи вниз от их первоисточника. Но если породы, содержащие такие минералы, пользуются региональным развитием, то и присутствие этих мало устойчивых минералов в шлихе является постоянным.

Минералогический состав шлихов бывает чрезвычайно разнообразным и целиком зависит от состава тех пород, в которых проложена долина и ее притоки, впадающие выше по течению. Обычно среди минералов шлиха резко преобладают магнетит и ильменит, придающие шлиху черный цвет («black sand»); при большом содержании граната шлик принимает красноватый или красный цвет («ruby sand»). Иногда шлик бывает также белым, желтым, зеленоватым, бурым и т. д. У нас на приисках часто различают «черный шлик» — хорошо отмытый, и «серый шлик» — плохо отмытый и содержащий большую примесь обыкновенного песка, т. е. кусочков кварца, полевшпатов и самых разнообразных пород. Количество шлиха в россыпи может быть самым различным. В некоторых случаях с одного лотка промытой породы получаются сотни граммов и даже до 1 кг шлиха, т. е. примерно до 100 кг/м³. Обычно такие россыпи бывают расположены в области сплошного развития магматических или метаморфических пород. В других случаях шлик в россыпи совершенно отсут-

ствуется, и при промывке с золотом остается лишь серый шлик с совершенно ничтожной примесью более тяжелых минералов. Такие россыпи обычно расположены в участках сплошного развития осадочных пород; таковы, например, многие россыпи Колымского и Аллах-Юнского районов.

Каждый металлоносный район характеризуется своим комплексом шлиховых минералов, в пределах которого можно выделять те или иные минеральные ассоциации. Пределы, в которых колеблется содержание шлика в россыпях, также различны для разных районов. Но в общем за среднее количество шлика в россыпи можно принять его содержание от 5 до 50 г на лоток, т. е. от 0,5 до 5 кг/м³.

2. Минералогический состав шлихов

По сбору, определению и изучению минералов шлика существует настолько подробная и хорошая литература, что совершенно нет надобности останавливаться на минералогическом описании хотя бы главнейших шлиховых минералов. Для характеристики минералогического состава шлихов можно ограничиться рассмотрением распространенности в шлихах различных минералов по отдельным минеральным классам.

И класс. Элементы

Сюда относятся главнейшие полезные ископаемые россыпей — золото, платина и металлы платиновой группы. Кроме них, иногда в россыпях встречаются самородочки серебра (Аляска, Алдан), но вследствие своей довольно легкой растворимости серебро не пользуется в россыпях большим распространением. В районах развития висмутовых месторождений в шлихах россыпей часто присутствует самородный висмут. В виде редкого исключения в шлихах может присутствовать самородное железо; однажды в Забайкалье было встречено мелкое шлиховое железо, образовавшееся, вероятно, в сильно восстановительных условиях; из Алданских россыпей известны небольшие кусочки метеорного железа. Кроме того, в россыпях постоянно встречаются мелкие кусочки железа, попадающие туда при их разведке и разработке, — осколки от кайл, лопат, дражных и экскаваторных ковшей и пр. Кроме железа, в шлихах встречаются и другие металлы искусственного происхождения: очень часто свинец, реже олово и латунь. Распространение свинца весьма обычно, и условия его нахождения позволяют высказать предположение, что, может быть, не всегда он попадает в россыпи искусственным путем. Из самородных элементов неметаллического характера в россыпях встречается только алмаз.

II класс. Сульфиды, арсениды и пр.

Вследствие своей малой химической устойчивости, обычно небольшой твердости и довольно значительной хрупкости минералы этого класса для шлихов нехарактерны. Хотя вблизи выходов рудных жил содержание их в шлихах россыпей весьма обычно, но всегда очень невелико и прослеживается на небольших расстояниях. Единственное исключение представляет пирит, являющийся одним из сравнительно устойчивых (химически и механически) сульфидов. В россыпях его содержание иногда прослеживается на сотни метров вниз от выхода коренного месторождения. В районах с широко развитой пиритизацией коренных пород (например, Ленский, отдельные участки Колымского) пирит встречается в россыпях на всем их протяжении и притом часто в громадных количествах. Во многих случаях он является почти единственным минералом шлика. Менее устойчивыми в условиях россыпей являются арсенопирит и пирротин, прослеживающиеся в россыпях максимум на десятки метров.

Еще менее устойчивыми являются такие обычные минералы, как халькопирит, галенит, сфалерит и пр. Весьма охотно концентрируется в россыпях благодаря своему громадному удельному весу (8,0—8,2) киноварь, но так как она очень мягка (тв. 2), она встречается обычно в виде единичных зерен.

III класс. Окислы

К этому классу относятся главнейшие после самородных металлов полезные ископаемые россыпей. Среди них наибольшее значение имеет касситерит, главная масса которого добывается именно из россыпей. Промышленное значение имеют также бадделейт (ZrO_2) и торит ($ThSiO_4$). Другие минералы этого класса являются в россыпях весьма распространенными, хотя и не имеют промышленного значения. Сюда относятся анатаз, брукит, рутил, циркон, корунд, гематит, лимонит, окислы марганца и, наконец, кварц.

IV класс. Галогидные соли

Единственный минерал этого класса, встречающийся в сколько-нибудь заметных количествах в шлихах, это флюорит. Благодаря своему небольшому удельному весу (3,0—3,25), не очень большой твердости (тв. 4) и довольно значительной растворимости он не образует в россыпях больших концентраций.

V класс. Карбонаты и их аналоги

Легкая растворимость, небольшая твердость и значительная хрупкость карбонатов препятствуют им участвовать в составе шлихов.

VI класс. Сульфаты, вольфраматы и пр.

Сюда относятся такие промышленно интересные минералы россыпей, как вольфрамит и шеелит. Из других весьма обычен в небольших количествах барит.

VII класс. Бораты, алюминаты, ферриаты и пр.

Сюда относятся наиболее распространенные минералы золотых россыпей — магнетит, и платиновых — хромит; также встречающиеся в значительно меньших количествах шпинели различного состава и более редкие гаусманнит, хризоберилл и др.

VIII класс. Фосфаты и их аналоги

Сюда относятся такие промышленно важные минералы россыпей, как монацит и различные танталаты и ниобаты. Встречаются также ксенотим, апатит и др.; апатит вследствие своей легкой растворимости встречается в сравнительно небольших количествах.

IX класс. Силикаты

Силикаты благодаря своей химической устойчивости и обычно значительной твердости представляют чрезвычайно распространенные минералы шлихов. Ильменит и гранаты по своей распространенности в шлихах могут быть поставлены наряду с магнетитом. В меньших количествах, но не менее часто встречаются сфен, ортит, турмалин, топаз, андалузит, кордиерит, эпидот. Весьма обычны пироксены и амфиболы, но благодаря не очень большой устойчивости они всегда присутствуют в количествах, не соответствующих их распространенности в коренных породах. То же относится и к оливину, который является еще менее устойчивым. Многие силикаты прекрасно сохраняются в условиях россыпей, но присутствуют в шлихах не очень часто вследствие своей вообще не очень

широкой распространенности. Среди них наиболее распространенными являются минералы метаморфических пород — силлиманит, ставролит, диастен; несколько реже встречаются аксинит, везувиан, эвклаз, датолит, гадолинит, берилл и др. Полевшпаты почти обязательны в составе серого шпиха.

Х л а с с. Органические соединения

Вследствие малого удельного веса в шпихах не встречаются.

3. Минеральные ассоциации шпихов

В зависимости от того, в каких или вблизи каких пород локализуются коренные месторождения золота и платины, последние сопровождаются в россыпях той или иной ассоциацией шпиховых минералов. Коренные месторождения платины, дающие при своем разрушении россыпи, в большинстве случаев локализуются в ультраосновных магматических породах, — реже — в основных. Геологическая обстановка вблизи золоторудных месторождений может быть гораздо более разнообразна. Она может быть разбита на следующие основные типы:

1. Нормальные осадочные породы с развитием мезотермальных рудных жил. Иногда пиритизация пород.

2. Контакты глинистых пород с интрузивами (типо- и мезотермальные жилы).

3. Контакты известковых пород с интрузивами.

4. Пегматитовые жилы и пневматолитовые фации гранитов (гипотермальные жилы).

5. Кислые и средние интрузивы.

6. Щелочные интрузивы с сопровождающими их пегматитами.

7. Метаморфические породы и глубокие контакты глинистых пород.

Каждой из этих обстановок соответствует своя ассоциация шпиховых минералов. В одних долинах (в большинстве случаев в долинах мелких рек и ключей, но иногда и в более крупных) бывает представлена лишь одна определенная минеральная ассоциация. В других долинах, обычно более крупных, собирающих материал из нескольких мелких долин, могут быть смешаны минералы двух и более ассоциаций. Перечислим главные минералы, характерные для каждой из этих ассоциаций.

Для ультраосновных пород характерны следующие минералы шпиха:

Платина	Пикотит	Змеевик
Осмысленный иридий	Плеонаст	Пироксены
Палладий	Ильменит	
Хромит	Алмаз	
Магнетит	Оливин	

Для различных обстановок золоторудных месторождений характерны:

1. Осадочные породы с рудными жилами

Гематит	(Турмалин)
Лимонит	(Рутил)
Барит	(Шселит)
Пирит	(Сульфиды)

Если в сложении осадочной толщи принимают участие конгломераты, вулканические туфы, граувакки или песчаники п прибрежной полосы, то

состав шлихов может стать значительно более разнообразным за счет освобождения обломков шлиховых минералов при выветривании коренных пород. Среди этих минералов будут преобладать наиболее устойчивые: турмалин, рутил, циркон, гранат, ильменит и пр. Если в районе пользуются развитием отложения покровного оледенения, то во всех долинах может встречаться примесь минералов любых других ассоциаций, развитых в области, подвергавшейся оледенению.

2. Контакты глинистых пород

Кордиерит	Ставролит
Андалузит	Шпинель
Турмалин	Корунд
Рутил	(Пиротин)
Гранат	

3. Контакты известковых пород

Граваты	Везувиян	Магнетит
Пироксены	Эпидот	Гематит
Амфиболы	Цоизит	Шеелит
(Оливин)	Волластонит	(Сульфиды)
Сфен	Шпинель	
(Аксинит)	(Апатит)	
(Датолит)	Флюорит	

4. Пегматиты и пневматолитовые граниты

Касситерит	Флюорит	(Псевдобрукит)
Монацит	Берилл	
Танталит	Гадолинит	
Колумбит	Эвклаз	
Вольфрамит	Ксенотим	
Шеелит	Висмут	
Турмалин	Молибденит	
Топаз	(Сульфиды)	

5. Кислые и средние интрузивы

Магнетит	Ортит
Ильменит	Монацит
Циркон	Гематит
Апатит	Гранат
Анатаз	
Сфен	
(Касситерит)	

6. Щелочные интрузивы

Циркон	Флюорит)
Сфен	(Эвдиалит
Апатит	(Розенбушит)
Гранат	
Магнетит	
Перовскит	
Рутил	

7. Метаморфические породы

Андалузит	Эпидот
Силлшманит	Цоизит
Дистен	Корунд
Ставролит	
Кордиерит	
Пироксены	
Амфиболы	
Гранаты	

В эти списки вошли лишь главнейшие минералы, помимо которых в каждой ассоциации может присутствовать целый ряд других минералов, менее распространенных.

4. Практическое значение шлихов

По своему практическому значению минералы шлихов могут быть разбиты на две группы. В первую группу входят те минералы, которые сами по себе представляют промышленный интерес и могут придавать промышленную ценность россыпям, являясь объектом разработки. Сюда относятся:

1. Самородные металлы — золото, платина и металлы платиновой группы.

2. Различные рудные минералы, из которых добываются те или иные металлы или их соединения, — касситерит, вольфрамит, шселит, танталониобаты, бадделейт, монацит и другие редкоземельные минералы и т. д.

3. Драгоценные камни — алмаз, сапфир, рубин, изумруд, аквамарин, хризоберилл, топаз и пр.

В некоторых россыпях присутствует лишь один промышленный минерал; остальные, если и присутствуют, то в настолько ничтожных количествах, что извлечение их невыгодно даже из отмытого шлиха. Таковы многие россыпи золота, платины, касситерита и др. В других россыпях присутствуют одновременно два или несколько промышленных минералов; такие россыпи называются комплексными. Многие металлоносные россыпи Урала содержат одновременно золото, платину и осмистый иридий; на юге преобладает золото, а платина образует лишь примесь, на севере, наоборот, золото в небольшом количестве примешано к платине. В США вся платина добывается попутно при разработке золотых россыпей. Многие россыпи самоцветов являются комплексными. Шлихи, получаемые при промывке золотоносных песков, иногда бывают настолько богаты монацитом, шселитом или касситеритом, что при высоких ценах на них эти минералы могут с выгодой извлекаться из шлиха.

В тех случаях, когда золото или платина образуют хотя бы небольшую примесь к другим полезным ископаемым россыпей, они всегда представляют промышленный интерес. С одной стороны, благодаря своему большому удельному весу они полностью улавливаются при промывке на любые другие минералы россыпей; с другой стороны, вследствие своей большой ценности они всегда окупают стоимость извлечения их из концентрата. Если другие минералы примешаны к золоту или платине, то их извлечение не всегда выгодно. Прежде всего, вследствие своего меньшего удельного веса они при промывке песков на золото или платину улавливаются далеко не полностью. Для полного их улавливания необходимо изменение устройства шлюзов, в частности увеличение их длины и уменьшение уклона, что увеличивает стоимость промывки. Кроме того, требуются расходы на сбор и транспортировку концентрата и извлечение из него полезного компонента. Если содержание последнего в россыпи недостаточно, то оно окупает и те и другие расходы. Если содержание невелико, то может случиться, что оно окупает лишь сбор и обработку концентрата, но не окупает увеличения стоимости промывки. В этом случае приходится ограничиваться извлечением из россыпи лишь той части полезного минерала, которая улавливается при промывке на золото или платину. При еще меньшем содержании могут не окупиться даже сбор и обработка шлиха, и тогда содержание в нем полезного минерала будет иметь лишь минералогический интерес.

В некоторых районах, например в Ленском, в золотоносных россыпях содержится громадное количество пирита. В Ленском районе этот пирит

часто содержит золото, но содержание его обычно невысокое. В тех россыпях, где пирит особенно богат золотом, может быть, был бы выгоден его сбор и извлечение из него золота. Хотя в некоторых из наших золотоносных районов и производится утилизация шлиха, но во многих других этому вопросу не уделяется достаточного внимания.

Во вторую группу шлиховых минералов входят те, нахождение которых в россыпи не может представлять непосредственного промышленного интереса, но которые характеризуют общую металлогеническую физиономию района и отдельных его участков и дают весьма ценные указания по направлению поисковых работ. Одни из этих минералов, как, например, висмут, киноварь и др., будучи промышленными в коренных месторождениях, не дают промышленных концентраций в россыпях. Так как их присутствие в россыпях констатируется и прослеживается сравнительно легко, систематический шлиховой анализ является лучшим методом поисков их коренных месторождений. Другие минералы имеют значение лишь как спутники промышленно ценных минералов, особенно, если они встречаются целыми ассоциациями, характерными для определенного типа месторождений. Не все минералы-спутники являются в одинаковой мере показательными. Так, например, пироксены и оливин могут встречаться в шлихах довольно часто, но их присутствие отнюдь не означает присутствия платины. Если же к ним присоединяется хромит, то платина становится почти обязательной. Это одна из наиболее характерных минеральных ассоциаций.

Золото, к сожалению, не имеет столь характерных спутников, так как встречается в разнообразной геологической обстановке и сопровождается различными минеральными ассоциациями. Для отдельных районов и даже небольших участков их могут быть установлены наиболее обычные спутники золота в шлихах, но все они имеют довольно относительное значение. Это значение часто сильно преувеличивается: например, считают, что обилие в шлихах какой-либо долины или даже целого района магнетита, или гранита, или пирита является благоприятным поисковым признаком. Хотя в некоторых случаях, действительно, золоторудные месторождения, а вместе с тем и россыпи являются приуроченными к наиболее пиритизированным зонам или к наиболее гранатизированным породам, но это отнюдь не является общим правилом. Как все эти минералы могут встречаться независимо от золота, так и золото может в россыпях совершенно не сопровождаться ими. При поисковых работах на золото я даже сказал бы, что изобилие шлиха является скорее неблагоприятным признаком. Отсутствие шлиха означает, что он вообще отсутствует в данной геологической обстановке или что в месте взятия поисковой пробы были неблагоприятные условия для концентрации тяжелых минералов. Ни то, ни другое несколько не понижает шансов на обнаружение россыпного золота. Изобилие шлиха означает, что в месте взятия пробы концентрация тяжелых минералов имела место, и раз среди них золото отсутствует, это уже несколько (но не совершенно) понижает шансы на его обнаружение.

Несколько большее значение могут иметь те спутники, которые происходят из окружающих пород, а из самих золоторудных месторождений. Если в последних присутствуют шеелит, барит или какой-либо иной характерный минерал, не встречающийся или редко встречающийся в других геологических образованиях данного района, то его нахождение в шлихах является для данного района благоприятным поисковым признаком. Но если этот минерал встречается часто и в других геологических образованиях, то роль его сводится к нулю. Вообще значение спутников заключается в том, что обнаружить их в аллювии обычно легче, чем благородные металлы. Во-первых, они часто встречаются в

более значительных количествах, чем последние, и во-вторых, обладая меньшим удельным весом, они подвергаются большему рассеянию как по вертикали, так и по длине долины, распространяясь часто на десятки километров вниз по течению от своего первоисточника. Проба шлиха, взятая в какой-либо крупной долине, дает нам представление о тех минеральных ассоциациях, которые встречаются во всем ее бассейне выше по течению. Идя вверх по течению и прослеживая определенные ассоциации, мы получаем руководящую нить для направления поисков. Прослеживая ассоциацию минералов ультраосновных пород вверх по течению, мы приходим к участкам, где вероятнее всего можно обнаружить платину; прослеживая ассоциацию пегматитовых и пневматолитовых минералов, мы приходим к участкам, где скорее всего можно ожидать олово и редкоземельные минералы, и т. д.

Минералы-спутники могут оказать помощь и при поисках рудного золота; прежде всего, они с известным приближением позволяют заранее судить о минералогическом составе золоторудного месторождения. Кроме того, они во многих случаях достаточно точно определяют положение коренного месторождения по длине россыпи; если россыпь питается металлом из нескольких коренных месторождений, то нахождение в отдельных ее участках сульфидного шлиха каждый раз указывает на близость коренного месторождения. При ведении копушных работ спутники часто могут являться руководящим признаком.

Следует отметить, что распределение в россыпи механически неустойчивых минералов изменяется лишь при ее перемыве, в фазу же покоя оно остается постоянным. Содержание химически неустойчивых минералов благодаря их постепенному растворению непрерывно уменьшается и в фазу покоя, и вдоль путей наиболее интенсивной циркуляции грунтовых вод они в течение непродолжительного срока могут исчезнуть совершенно. Несколько более благоприятные условия для их сохранения представляет развитие вечной мерзлоты, и возможно, что в условиях мерзлоты минералогический состав шлихов может быть несколько более разнообразным, чем в условиях таликов. Каких-либо специальных наблюдений в этом направлении не велось, но в россыпях Колымского района нахождение в шлихах арсенопирита, пирротина и даже галенита и калькопирита не являлось большой редкостью.

5. Полевое определение шлихов

Детальное определение минералов шлиха производится в минералогических лабораториях. Методы этого определения очень детально изложены в ряде руководств по минералогии, почему на них можно совершенно не останавливаться. В зависимости от характера поисковых работ может потребоваться полевое определение шлиха с той или иной точностью. Так как поисковые работы обычно ведутся на вполне определенное полезное ископаемое, в поле в большинстве случаев требуется определение одного или очень небольшого числа минералов. Так, при поисках касситерита является основной реакцией на восстановление его с соляной кислотой и диниковой пылью. При поисках редкоземельных минералов лучше всего определять радиоактивность шлиха при помощи электроскопа и т. д. Если требуется более детальное изучение шлиха, то необходимо иметь с собой походную минералогическую лабораторию.

Золото настолько характерно по своему внешнему виду, что не требует каких-либо специальных методов для своего определения. Остальные минералы шлиха играют при поисках золота весьма подчиненную роль, и потому можно ограничиваться лишь самым тщательным сбором шлихов для их детального изучения при камеральных работах и лишь

беглым полевым определением. Так как одна поисковая партия бере за лето несколько сот проб, обычно от 300 до 600, то заниматься сколько-нибудь подробным изучением их в поле, конечно, не приходится. В большинстве случаев бывает достаточно посмотреть шлик и лишь в общих чертах оценить его минералогический состав, руководствуясь в основном двумя признаками: удельным весом и цветом. По этим признакам наиболее обычные минералы шлихов можно разбить на следующие группы

1. Удельный вес исключительно высокий (более 14)

Серые — платина и металлы платиновой группы.

Желтые — золото.

2. Удельный вес очень высокий (8,5—14)

Серые — свинец, ртуть.

Белые — серебро, висмут.

Черные — торианит.

Красные — медь (висмут).

3. Удельный вес высокий (5,5—8,5)

Серые — олово (7,2), железо (7,3—7,8), арсенопирит (6,0—6,2), галенит (7,4—7,6).

Черные и бурые — танталит (6,3—8,0), колумбит (5,4—6,4), вольфрамит (7,1—7,5), касситерит (6,8—7,1), бадделейт (5,7—6,0).

Белые, бесцветные, желтоватые — шеелит (5,9—6,2), бадделейт (5,7—6,0), касситерит (6,8—7,1).

Красные — киноварь (8,0—8,2), касситерит (6,8—7,1).

4. Удельный вес заметно повышенный (4,0—5,5)

Черные и бурые — магнетит (4,9—5,2), гематит (5,2—5,3), брукит (3,9—4,1), псевдобрукит (5), торит (4,4—5,4), ильменит (4,6—5,2), браунит (4,7—4,9), гаусманит (4,7—4,9), хромит (4,5—4,8), рутил (4,2—4,3), перовскит (3,9—4,1), гранат (3,2—4,3), шпинель (3,5—4,1), гадолини (4,2—4,5) и др.

Белые, бесцветные, желтоватые — циркон (4,4—4,7), барит (4,3—4,7).

Желтые, красновато-желтые, коричневые — брукит (3,9—4,1), монацит (4,9—5,2), ксенотим (4,4—4,6), пирит (4,9—5,2), циркон (4,4—4,7).

Серые — полианит (4,8—5,1).

5. Удельный вес несколько повышенный (2,8—4,0)

Сюда относятся все остальные главнейшие минералы шлиха, преимущественно тяжелые силикаты (гранат, турмалин, топаз, пироксены, амфиболы, оливин, везувиан, андалузит, дистен, корунд, сфен, анатаз и пр.)

6. Удельный вес обычный (2,6—2,8)

Эти минералы в шлихах не концентрируются. Сюда относятся кварц, полевшаты, берилл и пр.

При отмывке шлиха в лотке или ковше минералы с обычным удельным весом смываются очень легко. Вместе с ними обычно уходит значительная часть минералов с несколько повышенным удельным весом, и лишь меньшая часть их сохраняется в шлихе. Так как именно эта группа минералов наиболее полно характеризует общую петрогеническую физиономию района, а некоторые из них представляют интерес и сами по себе (алмаз, корунд, хризоберилл, топаз, ортит), то желательно возможно полное сохранение их в шлихе. Поэтому отмывку шлиха следует производить не

очень чисто, так, чтобы в нем сохранилось даже некоторое количество минералов с обычным удельным весом. Минералы с заметно повышенным удельным весом и более тяжелые, характеризующие металлогению района, уходят с лотка в меньшем количестве, и тем в меньшем, чем выше их удельный вес. Опытный промывальщик (а поисковик всегда должен быть таковым) по поведению отдельных минералов в лотке всегда может распределить их примерно по удельному весу, благодаря чему выделение вышеуказанных групп возможно в поле без каких-либо специальных исследований. Так, полешпаты, барит и шеелит различаются между собою в лотке совершенно безошибочно: полешпаты идут впереди главной массы черного шлиха и даже впереди граната, барит — сзади граната и вместе с черным шлихом, шеелит — много сзади последнего. Черные минералы третьей и четвертой группы также различаются между собою достаточно хорошо.

При просмотре отмытого и просушенного шлиха начальником партии совершенно нет надобности спускать шлих обратно в лоток или в ковш. Примерная оценка удельного веса может быть произведена путем отдувки. Шлих высыпается на лист бумаги и слегка отдувается корейским способом при легком потряхивании бумаги. При достаточном навыке этим путем можно достичь еще лучших результатов, чем в лотке. Если при этом обнаружатся какие-либо минералы с высоким удельным весом или интересные минералы с повышенным удельным весом, то они могут быть определены точно по минералогическим признакам. Если обнаружению минералов мешает большая масса магнетита, он может быть оттянут магнитом, хотя если в шлихе отсутствует другой достаточно характерный минерал (ильменит, пирит), на который можно было бы ориентироваться при оценке удельного веса, присутствие некоторого количества магнетита件но件но. Соединяя метод отдувки с просмотром шлихов под лупой, начальник партии (конечно, при достаточном знакомстве с минералогией) может быть гарантирован от пропуска в поле каких-либо важных минералов, определяемых полевыми методами.

Часть четвертая

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глава XXVI

ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Издавна существует взгляд, что россыпи представляют собой настолько простой тип рудных месторождений, что они не заслуживают какого-либо геологического изучения. Взгляд этот весьма прочно укоренился среди эксплуатационников и некоторых разведчиков, но иногда даже и геологи не совсем свободны от него. Еще четверть века назад Богданович указывал на полную необоснованность такого взгляда, но с тех пор положение мало изменилось¹. Сейчас, если на словах мы и признаем (и то не всегда) необходимость геологического изучения россыпей, то на деле ничего для этого не предпринимаем, и все наши работы ведутся так, как будто россыпи являются простейшими образованиями. В результате мы затрачиваем десятки и сотни тысяч рублей на неправильно или беспечно поставленные разведочные работы; при разработке россыпей мы берем из них далеко не весь металл, который можно взять, и многие тонны его закапываем обратно в землю. Наконец, многие десятки тонн металла спокойно лежат в земле и до сего времени не обнаружены только потому, что мы не находим нужным заниматься геологическим изучением россыпей. Если бы мы пожелали несколько экономнее расходовать свои средства и достать из земли тот металл, которому до сего времени позволяем спокойно лежать там и который иногда сами туда зарываем, то нам неизбежно пришлось бы заняться геологическим изучением россыпей. При этом мы сразу же натолкнулись бы на две основные трудности; на отсутствие необходимых кадров и на отсутствие разработанной методики. У нас почти нет геологов-россыпников. В последнее время выработались кадры геологов-поисковиков, производящих геолого-поисковое обследование золотоносных районов, но это типичные региональщики: их интересуют вопросы стратиграфии, тектоники, петрологии, металлогении; многих интересуют вопросы локализации месторождений золота и, наконец, обнаружение промышленных россыпных месторождений. Что касается геологического изучения этих последних, то все эти геологи стремятся быть от него подальше, отчасти считая это недостойным себя занятием, отчасти не умея приступить к россыпям. Если они и занимаются изучением золотых месторождений, то только рудных.

Ближе всего к вопросам геологии россыпей стоят геологи-четвертичники, геоморфологи и гидрогеологи, но они чрезвычайно редко попадают на прииски, а когда это случается, они очень боятся золота и по возможности обходят его стороной. Поэтому до сего времени наши россыпные месторождения остаются совершенно не изученными. Для того, чтобы организовать их изучение, необходимо прежде всего создать соответствующ-

¹ Было написано в тридцатых годах. *Ред.*

щие кадры геологов-россыпщиков. Не лучше обстоит дело и с методикой изучения россыпей. Мы в большинстве случаев совершенно не умеем приступить к россыпям, не знаем, какой материал следует собирать и как его обрабатывать, какие вопросы разрешать и какие практические выводы можно делать. Бывали случаи, что по литологии россыпей соби-рался громадный материал из образцов (например на Алдане), но он так и пропадал необработанным. Никаких инструкций по изучению россы-пей или хотя бы по сбору материала не существует, никаких навыков в этой работе у нас нет. Первое время в этой работе нам придется идти ощупью, но это, конечно, не должно затягивать начала изучения россы-пей. И кадры и методика вырабатываются в процессе самой работы.

Если сравнить между собою типы россыпей, которые разрабатываются у нас и которые работали за границей, то бросается в глаза довольно резкая разница между ними. У нас работают преимущественно долинные и русловые россыпи современных долин, в более редких случаях — рос-сыпи невысоких террас и погребенные, а также косовые и как редкое исключение — россыпи высоких террас. Россыпи древней гидросети (по-гребенной и поднятой), третичные россыпи, прибрежные — почти неиз-вестны. За границей последние типы россыпей играли в экономике золо-тоносных районов весьма существенную роль. Достаточно вспомнить прибрежные россыпи Номе, высокие галечники Клондайк, третичные россыпи Калифорнии, погребенные базальтами россыпи Виктории, не говоря уже о целом ряде других, менее значительных. Это объясняется не случайностью и не различной геологической историей золотоносных районов у нас и за границей. Все эти типы россыпей есть, несомненно, и у нас, но мы их не умеем и не хотим обнаружить. Мы привыкли доволь-ствоваться тем, что само лезет нам в руки, т. е. наиболее простыми ти-пами россыпей. Во многих золотоносных районах существует твердое убеждение, что кроме этих типов россыпей, никаких других существовать не может. В одном из районов инженер-разведчик задумал прощупать несколькими шурфами довольно высокую террасу, нет ли на ней террас-совой россыпи. Управляющий, старый приискатель, насмешливо заявил: «Ишь, полез на гору вчерашний день искать», и отнес стоимость всех шурфов в личный свет разведчика. Лишь обнаружение в этих шурфах золота, хотя и совершенно непромышленного, спасло того от непредви-денного расхода.

Основной задачей изучения россыпей является организация систе-матического изучения четвертичной истории золотоносных районов. Лишь на основе этого изучения могут быть обнаружены все те более слож-ные типы россыпей, мимо которых мы сейчас проходим. Аллювиальные равнины, местности, покрытые покровами и потоками четвертичных ба-зальтов или ледниковыми отложениями, являются для нас сейчас совер-шенно безнадежными в отношении золотоносности. Точно так же мы не ищем россыпей на высоких террасах, на вершинах водораздельных пространств, на морских побережьях и пр. Изучение четвертичной исто-рии золотоносных районов поведет к обнаружению целого ряда подобных россыпей. Кроме того, оно даст ту стратиграфическую основу, на которой только и может быть производимо какое бы то ни было изучение россы-пей.

С изучением гидрогеологии россыпей дело у нас обстоит весьма плаче-вно. Ежегодно топится громадное количество разведочных и даже эксплуа-тационных выработок верховой, грунтовой и наледной водой. Сотни тысяч и миллионы рублей затрачиваются на водоотлив и на оттайку мерз-лых грунтов, но мы даже не пытаемся организовать какие-либо научные исследования с тем, чтобы хоть сколько-нибудь уменьшить эти затраты. У нас издавна установился взгляд, что зимняя шурфовка всегда дешевле

летней, тогда как при некоторых грунтах летняя шурфовка может обходиться дешевле зимой. Законы распределения мерзлоты и таликов в долинных отложениях для нас неясны, о тайкости грунтов мы имеем лишь самое общее представление и всегда предпочитаем затратить энергию на оттайку «с запасом», не стесняясь излишних расходов. Обычно мы подолгу бьемся над проходкой труднотайких грунтов, но до сего времени еще нигде не организовали, хотя бы в виде опыта, изучение тайкости грунтов.

С изучением литологии россыпей дело обстоит не лучше. Казалось бы, что та порода, из которой мы извлекаем металл путем ее механической обработки, должна быть нами изучена прежде всего с точки зрения ее механического состава. На самом же деле таким изучением никто нигде не занимается. О механическом составе металлоносных песков и их промывистости мы судим весьма приблизительно, на-глаз, а иногда даже вовсе не задумываемся над такими вещами. Между тем, изучение литологического характера песков помимо общего значения для изучения россыпи могло бы много дать для рационализации и удешевления процесса их выемки и обработки.

Наиболее острый вопрос геологии россыпей — это вопрос их морфологии и распределения в них металла. И при разведочных и при эксплуатационных работах мы обычно оконтуриваем россыпи самыми доморощенными методами. Расположение разведочных выработок и их количество, необходимое для полного оконтуривания данной россыпи, целиком зависят от ее морфологии. Часто мы задаем недостаточное количество выработок, оставляя некоторые части россыпи недоразведанными; с другой стороны, всегда имеются излишние выработки, которые ничего не дали для оконтуривания россыпи и без которых совершенно свободно можно было бы обойтись. Изучение морфологии россыпей помогло бы значительно сократить число таких излишних выработок и тем сэкономить сотни тысяч рублей. Очень вредно отражается незнание морфологии россыпи и на эксплуатационных работах. Иногда эксплуатационные выработки теряют россыпь или отдельную металлоносную струю и в поисках ее вслепую тычутся в разные стороны. Кроме того, россыпь обычно недостаточно четко оконтуривается, оставляется металл в плотине, в бортах, в целиках, в то время как он мог бы быть включен в промышленный контур. Эксплуатационники, предоставленные самим себе, без помощи и без контроля геолога зачастую ведут работы с хищническим уклоном.

Особенно большое значение может иметь изучение морфологии гнездовых и непостоянных россыпей. Но и в любых категориях россыпей знание их морфологии необходимо для оконтуривания россыпи и возможно точного подсчета запасов по данным разведки. Кроме того, изучение морфологии россыпи, распределения в ней металла и его характера, а также изучение минералогии россыпи могут дать нам весьма ценные указания на расположение, характер и богатство коренного месторождения, питающего ее металлом. Надлежащим образом изучив россыпь, можно заранее дать довольно вероятную оценку и коренного месторождения. Многие из наших золоторудных районов работают в течение длительного ряда десятилетий, но коренные месторождения в них почти неизвестны, так как не уделялось достаточно внимания геологическому изучению россыпей. В настоящее время, когда вопрос систематического выявления золоторудных месторождений приобретает большое значение, разрешение его надлежит начинать наиболее легким и правильным путем, т. е. с изучения прилежащих россыпей.

Есть, наконец, еще одна категория россыпей, которыми мы пока совершенно не занимаемся и не интересуемся. Это ископаемые россыпи.

Большое развитие в Сибири очень древних месторождений золота (Лена, Енисей, Кузнецкий Алатау), наличие в геологической истории Сибири длительных периодов континентального выветривания, сопровождавшихся иногда образованием толщ конгломератов (пермо-карбон, юра, третичные), делает весьма вероятным нахождение в них ископаемых золотоносных россыпей. Все эти конгломераты почти совершенно не изучены с точки зрения их золотоносности. Мало того, даже в тех случаях, когда конгломераты заведомо золотоносны (Кавказ, Фергана, Вилуй), мы не знаем, как к ним подступиться, так как совершенно незнакомы с характером распределения в них золота. Основной задачей в части ископаемых россыпей является полная ревизия всех конгломератов с точки зрения их металлоносности и детальное изучение тех из них, которые окажутся промышленно металлоносными.

Начиная с открытия и освоения Алдана, существование нашей золотой промышленности было ознаменовано открытием целого ряда других богатых золотоносных районов. По этому пути золотая промышленность идет и до сих пор. Но в то время, как еще десять лет назад в нашем распоряжении были колоссальные, совершенно необследованные территории, сейчас площадь их с каждым годом все более и более сокращается и все меньше остается еще не найденных золотоносных районов. В тайге становится все теснее. И сейчас настал период, когда должны быть использованы те ресурсы металла, которые находятся в старых золотоносных районах и которые до сего времени использовались недостаточно полно. Обеспечить их полное и рациональное использование можно только путем организации систематического геологического изучения россыпей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	3
Предисловие к первому изданию.	5

Часть первая

ОБРАЗОВАНИЕ РОССЫПЕЙ

Глава I. Общие сведения о россыпях	9—13
Глава II. Основные закономерности развития рельефа горных стран	13—17
Глава III. Коренные месторождения как первоисточник полезных ископаемых россыпей	18—44
1. Общие замечания. 2. Образование и типы золоторудных месторождений. 3. Форма и размеры золоторудных месторождений. 4. Вмещающие породы золоторудных месторождений. 5. Расположение золоторудных месторождений относительно элементов рельефа. 6. Вещественный состав золоторудных месторождений. 7. Содержание и распределение золота. 8. Околожилные изменения вмещающих пород. 9. Вторичные изменения золоторудных месторождений. 10. Вторичные изменения и образование россыпей. 11. Коренные месторождения платины.	
Глава IV. Процессы выветривания и элювиальные россыпи	45—67
1. Общие замечания. 2. Выветривание физическое и химическое. 3. Физическое выветривание. 4. Химическое выветривание. 5. Выветривание горных пород. 6. Строение и жизнь элювия. 7. Элювиальные россыпи золота и платины.	
Глава V. Процессы денудации и делювиальные россыпи	68—90
1. Сущность процессов и терминология. 2. Общие условия денудации. 3. Формы денудации. 4. Состав и строение делювия. 5. Соотношение выветривания и денудации. 6. Делювиальные россыпи. 7. Примеры элювиально-делювиальных россыпей.	
Глава VI. Режим горных рек и ключей	91—98
Глава VII. Перенос реками твердого материала	99—111
1. Строение русла и берегов. 2. Способы передвижения твердого материала. 3. Движение донных наносов. 4. Движение донных наносов в различных участках русла. 5. Обработка переносимого материала.	
Глава VIII. Эрозионный цикл. Глубинная эрозия	112—126
1. Продольный профиль реки. 2. Изменения продольного профиля при понижении базиса эрозии. 3. Скорость глубинной эрозии. 4. Врезание рек в Алданском районе. 5. Врезание рек в Колымском районе. 6. Длина крутого участка. 7. Влияние выветривания и денудации. 8. Отступающая эрозия. 9. Местные понижения базиса эрозии. 10. Выводы.	
Глава IX. Эрозионный цикл. Боковая эрозия	127—134
1. Соотношение с глубинной эрозией. 2. Расширение долины. 3. Нормальная ширина долины. 4. Односторонняя боковая эрозия. 5. Заключительные замечания.	
Глава X. Эрозионный цикл. Накопление наносов	135—142
1. Повышения базиса эрозии. 2. Порядок накопления наносов. 3. Накопление наносов как фаза эрозионного цикла. 4. Мощность наносов.	
Глава XI. Эрозионный цикл в целом и его фазы	143—146
1. Фаза переноса материала. 2. Фазы эрозионного цикла. 3. Определение эрозионного цикла. 4. Географическое распределение фаз эрозионного цикла. 5. Речная сеть пенеппена.	

Глава XII. Образование аллювиальных россыпей 147—174

1. Общие замечания. 2. Размыв старой россыпи глубинной эрозией. 3. Механизм врезания русла в коренные породы. 4. Перенос металла вниз по течению. 5. Образование новой россыпи. 6. Размыв старой россыпи боковой эрозией. 7. Размыв металлоносного колювия. 8. Влияние притоков. 9. Последующие изменения россыпи.

Часть вторая

ТИПЫ РОССЫПЕЙ

Глава XIII. Типы аллювиальных россыпей. 177—228

1. Русловые россыпи. 2. Долинные россыпи. 3. Речные террасы. 4. Террасы и террасовые россыпи зоны углубления долины. 5. Террасы и террасовые россыпи зоны зрелых долин. 6. Погребенные россыпи. 7. Сложные россыпи. 8. Косовые россыпи. 9. Россыпи распадков. 10. Зональное распределение россыпей. 11. Пример Станового нагорья. 12. Заключение.

Глава XIV. Аллювиальные россыпи со сланцевым и известняковым плотиком 229—243

1. Общие замечания. 2. Особенности, обусловленные мягкостью сланцев. 3. Особенности, обусловленные трещиноватостью сланцев. 4. Особенности, обусловленные составом сланцев. 5. Общая характеристика россыпей со сланцевым плотиком. 6. Сущность карстовых явлений. 7. Влияние карстовых процессов на россыпи. 8. Общая характеристика россыпей с известняковым плотиком.

Глава XV. Ледниковые и аллювиальные россыпи районов оледенения 244—261

1. Общие данные о процессах оледенения. 2. Ледниковые формы рельефа. 3. Ледниковые отложения. 4. Долодниковые россыпи ледниковых долин. 5. Ледниковые россыпи. 6. Последледниковые россыпи ледниковых долин. 7. Россыпи притоков ледниковых долин.

Глава XVI. Россыпи озерные, лагунные, дельтовые. 262—269

1. Общая характеристика. 2. Образование озер. 3. Озерные отложения и россыпи. 4. Дельтовые россыпи.

Глава XVII. Прибрежные россыпи 270—277

1. Общие условия возникновения. 2. Размыв берегов. 3. Образование прибрежных отложений и россыпей. 4. Примеры береговых россыпей.

Глава XVIII. Россыпи прежней гидрографической сети. 278—293

1. Эволюция очертаний гидрографической сети. 2. Россыпи погребенной; гидросети. 3. Россыпи поднятой гидросети. 4. Примеры развития гидросети восточной части Советского Союза.

Глава XIX. Ископаемые россыпи. 294—302

1. Понятие об ископаемых россыпях. 2. Процессы уничтожения россыпей. 3. Условия сохранения россыпей в ископаемом состоянии. 4. Примеры ископаемых россыпей.

Часть третья

СТРОЕНИЕ РОССЫПЕЙ

Глава XX. Строение и литология долинных отложений. 305—359

1. Общая характеристика долинных отложений. 2. Классификация обломочного материала. 3. Валуны. 4. Галечник. 5. Щебень и дресва. 6. Ила и песок. 7. Глины. 8. Растительные слои. 9. Коренные породы (плотик). 10. Литологический состав металлоносного пласта. 11. Форма, размеры и соотношения пластов. 12. Примеры литологических разрезов долинных отложений.

Глава XXI. Гидрогеология долинных отложений. 360—391

1. Общие данные о водном режиме долинных отложений. 2. Водные талики. 3. Безводные талики. 4. Мерзлота. 5. Наледи. 6. Погребенный лед. 7. Изменения водного режима в течение эрозионного цикла.

Глава XXII. Стратиграфия долинных отложений. 392—415

1. Общие принципы стратиграфии долинных отложений. 2. Четвертичная хронология. 3. Определение возраста долинных отложений. 4. Примеры стратиграфии россыпей.

Глава XXIII. Морфология россыпей и распределение в них металла.	416—437
1. Общие замечания о форме россыпей. 2. Содержание металла в россыпи.	
3. Размеры и форма россыпей. 4. Распределение металла в россыпи. 5. Степень постоянства россыпей.	
Глава XXIV. Характер россыпного металла.	438—452
1. Крупность. 2. Форма и окатанность. 3. Строение. 4. Физические и химические свойства. 5. Изменение характера металла по длине россыпи. 6. Химический перенос золота в россыпи.	
Глава XXV. Минералогия россыпей.	453—462
1. Общая характеристика шлиха. 2. Минералогический состав шлихов.	
3. Минеральные ассоциации шлихов. 4. Практическое значение шлихов.	
5. Полевое определение шлихов.	

Часть четвертая

з а к л ю ч е н и е

Глава XXVI. Задачи изучения россыпных месторождений Советского Союза	465—468
---	----------------

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук СССР*

•
Редактор издательства А. А. Арсеньев
Технический редактор Г. А. Астафьева
•

РИСО АН СССР № 5227. Сдано в набор 7/V 1955 г. Т-07102. Издат. № 948.
Подп. к печ. 15/VIII 1955 г. Формат бум. 70×108¹/₁₆. Печ. л. 29,5 = 40,41
Уч.-издат. 38,8 . Тираж 5000. Тип. заказ № 1316.
Цена по прейскуранту 1952 г. 20 р. 20 к.

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-64. Подосенский пер., д. 21.

2-я типография Издательства Академии наук СССР.
Москва, Шубинский пер., д. 10.