

В.Т. Григоров

**КРУПНЕЙШИЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА
И КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ И ИХ
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
С ПОЗИЦИИ СТРАТИФОРМНОГО
РУДООБРАЗОВАНИЯ**



НАУЧНЫЙ МИР

УДК 553.411.076:553.3.078 (571.5) +332.6

ББК 26.341.3

Г83

Григоров В.Т.

Крупнейшие золоторудные месторождения Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау и их экономическая оценка с позиции стратиформного рудообразования. –М.: Научный Мир, 2003. – 168 с.

ISBN 5-89176-201-3

На основе новых материалов, полученных при составлении объемных геологических моделей и моделей распределения золота, характеризуются особенности геологического строения известных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау – Советского, Олимпиадинского, Коммунарковского и Саралинского, позволяющие отнести их к стратиформному типу. Приведены поисковые критерии, предложены новые направления поисковых и разведочных работ, составлены методики геолого-экономической и экономической оценок стратиформных золоторудных месторождений. Коренным образом пересмотрена экономическая значимость указанных рудных объектов, на основе чего выдвигается представление о Енисейском кряже как об одной из крупнейших золотоносных провинций мира.

Для менеджеров горнорудных компаний, горных инженеров-геологов, геологов, экономистов, аспирантов и студентов.

Рецензенты:

академик *Ф.А. Летников*, проф. *В.А. Филонюк*, проф. *Г.Л. Заорский*



Публикуется при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-05-78080)

Grigorov V.T.

The biggest gold-ore deposits of the Yenisei Mountain Range and Kuznetsky Alatau and their economic estimation from a position of stratiform ore-forming. –Moscow: Scientific Word, 2002. – 168 p.

On the base of new facts, received while making volumetric geological models, as gold distribution models, it became possible to characterize some geological structure peculiarities of famous gold-ore deposits of the Yenisei Mountain Range and Kuznetsky Alatau including: Sovetskoye, Olimpiadinskoye, Kommunarovskoye and Saralinskoye. It made us possible to attribute them to stratiform type. The search criteria have been brought, the new exploring and prospecting works directions have been suggested, the geological-economic methods, as well as the methods of economic estimation of stratiform gold-ore deposits have been made. The economic significance of the ore objects mentioned above was reconsidered radically, that was the base to put forward a supposition concerning the Yenisei Mountain Range as about one of the biggest gold-bearing province of the word.

For managers of mining companies, mining engineers-geologists, geologists, economists, aspirants and students.

ISBN 5-89176-201-3

© Григоров В.Т., 2003

© Научный Мир, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	9
Глава 1. История и современное состояние учения о стратиформных золоторудных месторождениях	12
Глава 2. Особенности геологического строения золоторудных месторождений Енисейского кряжа	18
Особенности геологического строения Советского месторождения как представителя стратиформных золоторудных месторождений в черносланцевых отложениях	18
Общие сведения	18
Структура и генезис месторождения по представлениям геологической службы рудника	19
Геологическое строение месторождения по результатам исследований автора	22
Методика работ	22
Разломы и складчато-блоковая структура месторождения	23
Складчатые структуры месторождения	27
Морфология рудных тел и рудных столбов	33
Вещественный состав и генезис рудных тел	38
Выводы	43
Особенности геологического строения Олимпиадинского месторождения как представителя стратиформных золоторудных месторождений в кремнисто-карбонатных отложениях	43
Общие сведения	43
Структура месторождения	46

Геологическая характеристика рудных тел	
Западного участка	47
Геологическая характеристика рудного тела № 4	48
Минералогическая характеристика руд	51
Генезис	53
Выводы	54

Глава 3. Особенности геологического строения

и эволюции стратиформных золоторудных месторождений	
Кузнецкого Алатау	55
Особенности геологического строения Саралинского	
месторождения как пример эволюции стратиформного	
золоторудного месторождения в черносланцевых отложениях	
эффузивно-терригенной формации	55
Геологическое строение месторождения по представлениям	
геологической службы рудника	57
Геологическое строение месторождения по результатам	
исследований автора	58
Выводы	67
Особенности геологического строения Коммунарковского	
месторождения как пример эволюции стратиформного	
золоторудного месторождения в эффузивно-терригенно-	
карбонатных отложениях	69
Общие сведения	69
Краткая геологическая характеристика месторождения	
по данным предыдущих исследователей	72
Геологическое строение месторождения по результатам	
исследований автора	74
Общая структура рудного поля	74
Разломы и их роль в локализации золотого	
оруденения	76
Пликативные дислокации и их роль в контроле	
золотого оруденения	80
Роль литолого-петрографического состава	
вмещающих пород в локализации промышленного	
золотого оруденения	82
Основные закономерности пространственного	
распределения промышленного золотого оруденения	84
Вопросы возраста и генезиса золотого оруденения	85
Выводы	88

Глава 4. Типоморфные черты геологического строения стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау	90
Особенности геологического строения месторождений	98
Глава 5. Вопросы генезиса стратиформных золоторудных месторождений	102
Накопление золота в процессе осадкообразования и диагенеза	103
Морфология рудных тел стратиформных месторождений как отражение условий их образования	111
Вопросы миграции золота при наложении термального поля и гидротермальных процессов на золотосодержащие породы	113
Выводы	116
Глава 6. Особенности методики поисков и разведки стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау и рекомендации по их направлению	117
Основы методики поисков	117
Основы методики разведочных работ и рекомендации по направлению поисков	118
Советское месторождение	119
Олимпиадинское месторождение	124
Коммунаровское месторождение	125
Саралинское месторождение	127
Особенности оконтуривания промышленных запасов	127
Выводы	129
Глава 7. Методики геолого-экономической и экономической оценок стратиформных золоторудных месторождений	130
Геолого-экономическая оценка	131
Экономическая оценка	135
Глава 8. Экономическая оценка и значение стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау	139
Экономическая оценка и перспективы расширения золоторудной сырьевой базы Енисейского кряжа	142
Северо-Енисейский рудный район	143
Советский рудный узел	144

Верхне-Енашиминский рудный узел	147
Эльдорадинский рудный узел	148
Южно-Енисейский рудный район	149
Экономическая оценка и возможности прироста запасов рудного золота в Кузнецком Алатау	150
Выводы	151
Заключение	152
Литература	156

*Светлой памяти моего учителя
Льва Владимировича Таусона,
внесшему значительный вклад
в геохимию золота, посвящается.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Восточной Сибири в последние три десятилетия открыт ряд очень богатых золоторудных месторождений, многие из которых по количеству заключенных в них запасов золота относятся к крупным и уникальным: Сухоложское (Ленский золотоносный район), Олимпиадинское (Енисейский край), Зун-Холбинское (Восточный Саян).

Эти открытия произошли на фоне продолжающегося ухудшения состояния рудной сырьевой базы действующих золотодобывающих предприятий. Разгадке данного парадокса и посвящена данная работа. В ней предпринята попытка систематизации отдельных, порой отрывочных данных по золоторудным месторождениям и обобщение их с позиции стратиформного рудогенеза. Очевидно, что произошел разрыв между геологической мыслью и практической деятельностью: геологическая служба страны (бывшего Мингео СССР) в основном восприняла новейшие представления о принципах и условиях рудообразования, а геологическая служба на золотодобывающих предприятиях (бывшего Минцветмета СССР) осталась на старых консервативных позициях. В работе показано, что все без исключения крупные золоторудные месторождения Енисейского края и Кузнецкого Алатау относятся к месторождениям стратиформного типа, к сожалению, до сих пор официально в нашей стране не признанного в отношении золоторудных месторождений.

Через всю работу красной нитью проходит гипотеза о стратиформном рудообразовании. К этой идее сам автор эволюционировал в течение более 10 лет, т.к. в первое десятилетие своей геологической деятельности оставался твердым сторонником гидротермального рудообразования и воспринимал его как единственно возможное в природе. Поэтому данная работа, как и любая другая, носит субъективный характер, но автор старался, по возможности, быть объективным, и насколько это удалось – судить уважаемому читателю.

В основу работы положены личные наблюдения. Автору посчастливилось в течение 20 лет вести исследования почти на всех промышленных золоторудных месторождениях Восточной Сибири и Дальнего Востока. Советское, Олимпиадинское и Эльдorado (Енисейский край), Коммунаровское и Саралинское (Хакасия), Чиб-

жек и Зун-Холбинское (Западные и Восточные Саяны), Сухоложское (Ленский золотосносный район), Балеиское (Забайкалье), Куранахское и Лебединское (Южная Якутия), Наталкинское (Дальний Восток) и Бороо (Монголия) – вот перечень месторождений, о которых имею личные представления.

Последние 10 лет автор занимался изучением вопросов экономической оценки природных ресурсов и в том числе рудных и золоторудных месторождений, что и нашло отражение в данной работе.

Автор является первооткрывателем вулканогенных золоторудных месторождений и проявлений Восточной Монголии и много времени посвятил изучению вулканогенных и интрузивных процессов и рудного метасоматоза (Средне-Витимская горная страна, Центральная и Восточная Монголия, Забайкалье, Восточные Саяны), и поэтому его нельзя упрекать в особом пристрастии к стратиформному рудообразованию.

На современном этапе развития в геологии происходит переоценка многих привычных понятий и представлений.

Академик *Л.В. Таусон*

ВВЕДЕНИЕ

Россия – одна из стран мира с развитой золотодобывающей промышленностью. Древнейшими районами рудной золотодобычи выделялась Восточная Сибирь и, прежде всего, Енисейский кряж и Кузнецкий Алатау, известные в прошлом и начале нашего века как Дальняя и Мариинская Тайга. Енисейский кряж (Дальняя Тайга) давал две трети всей добычи золота в стране, а Россия в прошлом веке долгое время занимала первое место в мире, до развития золотодобычи в Витватерсранде и Австралии. Сейчас, несмотря на остановку большинства золотодобывающих рудных предприятий по экономическим причинам, Енисейский кряж остается одним из главных районов рудной золотодобычи в стране. Продолжается эксплуатация и золоторудных объектов в Кузнецком Алатау.

Развитие рудной золотодобычи и эффективная экономическая разработка золоторудных месторождений тесно связаны с необходимостью укрепления сырьевой базы золотодобывающих предприятий. В старых золотоносных районах страны, где возможности выявления известных типов месторождений ограничены, значительным резервом увеличения рудной сырьевой базы могут явиться новые типы золоторудных месторождений и, прежде всего, стратиформные золоторудные месторождения. Тенденция повышения цены на золото на мировом рынке, освоенность старых районов золотодобычи (наличие производственных мощностей, материальных и людских ресурсов, ЛЭП и дорог), а также прогресс в области подземной и открытой золотодобычи обуславливают снижение кондиций на сырье, что позволяет вовлекать в разработку все большее количество золоторудных месторождений, характеризующихся относительной бедностью содержаний, но обладающих значительными запасами. Именно таким требованиям отвечают стратиформные месторождения золота. Поэтому вопросы установления типоморфных характеристик стратиформных месторождений, установление закономерностей их размещения, разработка методики геолого-поисковых и разведочных работ, определение перспектив расширения сырьевой базы действующих предприятий являются актуальными и полностью отвечают задачам увеличения рудной золотодобычи. Целью работы было изучение и демонстрация основных закономерностей и основных особенностей геологическо-

размещения рудных месторождений золота стратиформного типа, залегающих в слоистых толщах складчатых областей древних золотоносных районов Восточной Сибири – Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау, где они ранее не выделялись, а также геолого-экономическая оценка этих месторождений и обоснование их важной экономической роли, отвечающей требованиям создания современных крупных высоко-рентабельных золотодобывающих предприятий. Кроме того, автор ставил своей целью показать сложность развития рудных объектов золота, наличие полициклического золотого оруденения и возможность сочетания в пределах одного рудного поля разновозрастных и различных типов промышленного золотого оруденения: стратиформного метаморфогенно-гидротермального и трещинно-жильного магматогенно-гидротермального.

В работе преследовалась цель обосновать необходимость внедрения новой методики поисков, разведки и оконтуривания промышленных запасов золоторудных месторождений с учетом установленных морфологических и геолого-структурных особенностей стратиформных золоторудных месторождений. Основные объекты исследований вскрыты на большую глубину. Советское месторождение, эксплуатирующееся с 1906 г., вскрыто горными выработками на 10 основных разведочно-эксплуатационных горизонтах (более 600 м по вертикали). Коммунарское месторождение, эксплуатируемое с 1896 г., вскрыто на 8 основных разведочно-эксплуатационных горизонтах (более 500 м по вертикали). Саралинское месторождение, эксплуатируемое с начала века, вскрыто на 6 основных разведочно-эксплуатационных горизонтах (более 500 м по вертикали). В работе использованы количественные модели распределения золота, выполненные на Советском месторождении (под руководством В.А. Филонюка, около 300 тыс. пробирных анализов) и на Коммунарском месторождении (под руководством автора, более 150 тыс. анализов).

В период работы над проблемой стратиформного рудообразования в течение многих лет автор пользовался помощью, обменивался наблюдениями, обсуждал отдельные положения с рядом научных и производственных работников институтов ЦНИГРИ, Геологии и геофизики, Института земной коры и Института геохимии СО АН СССР, СНИИГИМС, Вост-СибНИИГМС, ДВИМС Мингео СССР, ПГО “Красноярскгеология”, ПО “Енисейзолото” и некоторых других институтов и организаций. Особое влияние на представления автора оказали: академик РАН Ф.А. Летников, академик АН Украины Я.Н. Белевцев, чл.- корр. РАН М.И. Кузьмин, чл.-корр. АН Кыргызстана У.А. Асаналиев, доктора геол.-мин. наук В.А. Буряк, А.Ф. Коробейников, Н.В. Вилор, В.Н. Долженко, И.В. Давиденко, И.В. Коваленко, Ю.В. Комаров, Н.К. Курбанов, Н.А. Росляков, В.А. Филонюк, С.Д. Шер, кандидаты геол.-мин. наук Б. Бакшт, В.А. Богданович, Д.С. Глюк, В.А. Загоскин, В.А. Злобин, В.В. Коткин, Л.В. Ли, А.Д. Ножкин, А.А. Пузанов, Э.А. Развозжаева, Д.П. Фомин, бывшие главные геологи ПО “Енисейзолото” Г.П. Утюжников, ПГО “Красноярскгеология” М.Л. Шерман, рудника “Коммунар” Ю.П. Денисов, Северо-Енисейского ГОКа С.А. Савицкий и С.Б. Альхимович и отраслевой геолог ПГО В.Е. Скрипченко, которым автор выражает свою признательность за помощь, сотрудничество, дискуссии и обсуждение отдельных вопросов.

Автор благодарен научному сотруднику АО “Иргиредмет” В.В. Кривоборскому за многолетнюю совместную работу. А также бывшему директору института “Иргиредмет” П.К. Савченко, ректору Иркутской государственной экономической академии академику педагогических наук М.А. Винокурову и проректору академии Г.В. Хамкалову, ректору Института экономики Иркутского государственного технического университета А.А. Збрицкому за содействие в выполнении работы и ее издании. Особенно автор благодарен покойному академику Л.В. Таусону, бывшему председателю Координационного Совета СО АН СССР “Рудное золото Сибири”, оказывавшему постоянную поддержку в проведении исследований.

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УЧЕНИЯ О СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

С начала 50-ых годов среди промышленных месторождений полезных ископаемых стали выделять новый тип – стратиформные месторождения, как имеющие особые черты строения и важное промышленное значение.

Само понятие “стратиформное месторождение” окончательно не сформулировано и разными исследователями к этой группе иногда относятся месторождения с различными друг от друга характеристиками (Асаналиев и др., 1988; Справочное пособие...; 1990; Стратиформные месторождения..., 1977, 1983).

Нами термин “стратиформные месторождения” употребляется в толковании В.И. Смирнова (Смирнов, 1976; Смирнов и др., 1981), предложившего понимать под этим термином месторождения, которые по морфологии и условиям залегания подчинены напластованию осадочных и вулканогенно-осадочных толщ и при этом характеризуются сложным, нередко полигенным и полихронным генезисом, иногда неясным, полностью не установленным. Примерно к такому же определению понятия “стратиформное месторождение” пришли участники первых совещаний по стратиформным месторождениям, которые проходили в Чите в 1977 г. и во Фрунзе в 1981, 1983 и 1985 гг. (Стратиформные месторождения..., 1977; Условия образования..., 1983, 1985).

С учетом сказанного, в понятие “стратиформное золоторудное месторождение” нами вкладывается два смысла. Морфологический – стратиформность, согласность рудных тел с напластованием пород, и генетический – сложный генезис, в котором среди рудообразующих процессов ведущее место отводится первичному накоплению золота в стадию седиментогенеза, диагенеза и литогенеза, а также его мобилизации из вмещающих пород с последующим переотложением под воздействием гидротермальных метаморфических и магматических процессов. Особое место в стратиформном рудообразовании занимают региональный метаморфизм и складчатость.

Морфология, условия залегания и размещения рудных тел стратиформных золоторудных месторождений определяются и подчинены условиям залегания, литологии и структуре вмещающих их осадочно-метаморфических пород. Стратиформные месторождения по морфологии близки к осадочным и метаморфогенным месторождениям, но характеризуются более сложным генезисом. В настоящее время по гене-

зису выделяются следующие типы стратиформных месторождений: первично-осадочные метаморфизованные, гидротермально-осадочные, вулканогенно-осадочные, осадочно-эпигенетические, осадочно-инфильтрационные, гидротермально-метаморфогенные, метаморфогенные, а также сложного генезиса – полигенетические. Последние нередко являются полихронными, т.е. разновозрастными по стадиям рудообразующего процесса.

Исследованиями последних лет установлена четкая стратификация оруденения этого типа и приуроченность месторождений различных металлов как к определенным стратиграфическим уровням, так и к определенным литолого-фациальным комплексам и, прежде всего, к углеродистым терригенным, вулканогенно-терригенным и карбонатно-кремнистым отложениям (Архангельская, Вольфсон, 1977; Богданов, 2001; Бровков и др., 1986; Вольфсон. Архангельская, 1987). Большая роль в рудогенезе стратиформного типа отводится жизнедеятельности водных организмов и микроорганизмов в период осадконакопления и диагенеза – бактериям и водорослям, а на стадии эпигенеза – органическому веществу. Как правило, все рудоносные формации обогащены углеродистым веществом. Все сказанное относится и к стратиформным золоторудным месторождениям (Происхождение..., 1983; Стратиформные месторождения..., 1977, 1983).

За рубежом используется два термина, отвечающих понятию “стратиформное месторождение”: “stratiform ore deposit” (имеющее форму пласта, пластообразное) и “strata-bound ore deposit” (ограниченное пластом, пластообразное). Применительно к стратиформным золоторудным месторождениям обычно применяется термин “stratiform ore deposit” (Pretorius, 1976).

Стратиформные золоторудные месторождения среди европейской школы геологов, к которой примыкает отечественная школа, стали выделяться в особую группу промышленных месторождений сравнительно недавно, чуть более трех десятилетий назад. В разные годы отдельные месторождения золота рассматриваемого типа описывались в классе метаморфогенных и седиментогенно-эндогенных, но чаще в группе гидротермальных и телетермальных месторождений.

В истории изучения стратиформных золоторудных месторождений России условно можно выделить три периода: первый – до 1976 г., второй – с 1977 по 1981 г. и третий – с 1982 г. по настоящее время. За первый рубеж взят 1976 г. – год проведения международного геологического конгресса в Австралии, посвященного проблемам стратиформных рудных месторождений, т.е. фактически год широкого признания научной мировой общественностью промышленной роли и масштабов распространения стратиформных месторождений, в том числе месторождений золота.

В первый период происходило зарождение представлений на природу и строение стратиформных месторождений золота при полном господстве теории гидротермального генезиса и связи золотого оруденения с гранитоидным магматизмом (Бетехтин, 1955; Билибин, 1945, 1947; Вольфсон, Яковлев, 1975; Линдгрэн, 1932, 1934; Магакьян, 1955; Обручев, 1934; Graton, 1930).

За рубеж второго и третьего периодов взят 1981 год – год проведения Всесоюзного семинара “Стратиформные месторождения цветных, редких и благородных

металлов и других полезных ископаемых” (г. Фрунзе), по рекомендации которого была создана Комиссия по проблеме стратиформного рудообразования при Научном совете по рудообразованию АН СССР. 1981 год стал годом официального признания научными кругами страны стратиформных рудных месторождений и в т.ч. стратиформных золоторудных месторождений. Второй период в изучении стратиформных золоторудных месторождений характеризовался накоплением и обобщением многочисленных материалов по стратиформным месторождениям золота разных регионов (Буряк, 1976; Гавриленко, 1978; Гарьковец, 1978).

В третий период происходит распространение идей стратиформного рудообразования по разным регионам страны. Относительно широко, как позволяли требования секретности золоторудных месторождений (как правило, без названия и местоположения), дискутируются вопросы генезиса и структуры стратиформных золоторудных месторождений.

Исследования по названной проблеме широко проводятся и за рубежом. В 1984 г. были опубликованы (Colvine, Stewart, 1984) результаты изучения каледонских стратиформных сульфидных залежей (CCSS) в 9 странах (США, Канады, Англии, Швеции, Норвегии, Испании, Ирландии, Дании и Франции), проведенных в рамках Международной геологической корреляционной программы (IGCP). Только за 1980 и 1981 гг. в этих странах было выявлено 82 новых рудных объекта, в т.ч.: США – 20, Канада – 17, Дания (Гренландия) – 3, Ирландия – 3, Англия – 10, Норвегия – 6 и Швеция – 23. Важно отметить, что новые объекты открыты в старых рудных районах, в которых за последние 20–30 лет не было обнаружено ни одного сколько-нибудь значащего рудопроявления, т.к. работы велись по старой методике. В результате перехода на новую методику геологоразведочных работ только за 5 лет (с 1980 по 1986 г.) добыча золота в Канаде и США удвоилась, в Австралии утроилась.

Важной вехой третьего этапа стало проведение в нашей стране в 1985 г. I Всесоюзной конференции по проблеме “Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов” в г. Фрунзе. Однако, как и в предыдущие годы, и в этот период Государственная комиссия по запасам (ГКЗ) и ее эксперты оставались на консервативных позициях и в официальных документах не признавали (или старались не замечать) наличие в стране стратиформных золоторудных месторождений, необходимость выделения которых диктовала практика геологоразведочных работ.

Зарождение идей стратиформного рудообразования, образования золоторудных месторождений в экзогенных условиях относится к 70-м годам прошлого века. Наиболее полно они были оформлены в Австралии и в Южной Африке и получили довольно широкое признание в России.

В России к идее золотоносности осадочно-метаморфических пород, как источнику рудного и россыпного золота, в конце прошлого столетия пришли Л.А. Ячевский (1894, 1903), А.К. Мейстер (1900, 1902, 1910) и В.А. Обручев (1913), а еще ранее Э. Гофман (1844) и М. Макеровский (1844). Так, Л.А. Ячевский – первый исследователь геологии золоторудных месторождений Енисейского края, изучая источники золотого оруденения, установил, что происхождение большинства золотоквар-

цевых жил района не связано с гранитами как источником рудного вещества, а являются продуктом метаморфических процессов вмещающих пород. “Нужно полагать”, – писал он, – “что процессы концентрации рудного вещества идут одновременно с процессами метаморфизации пород”. Эти выводы Л.А. Ячевского в своих наблюдениях по южной части Енисейского Кряжа подтвердил А.К. Мейстер (1902, 1910), который разделил золотокварцевые жилы на две группы: “жилы выделения”, образовавшиеся в процессе метаморфизма и “жилы выполнения”, генетически связанные с гидротермальными растворами гранитных интрузий. К этому же периоду относятся и первые обобщения по седиментогенному рудообразованию на материале австралийских исследователей (Locke, 1889).

Повторно, но на более высоком уровне, идеи стратиформного рудообразования начинают развиваться с начала пятидесятих годов, подтвердив известный тезис, что новое – это давно забытое старое. У истоков современного учения о стратиформных месторождениях находятся работы известного ученого М.М. Константинова, который в начале 50-х годов начал дискуссию о строении и происхождении этих сложных геологических образований.

Существенный вклад в разработку теории стратиформного рудообразования внесли академики Н.М. Страхов, В.И. Смирнов, А.А. Сидоренко и Л.В. Таусон. Н.М. Страхов и В.И. Смирнов разработали теорию осадочного и вулканогенно-осадочного рудообразования. В.И. Смирнов (1972, 1976, 1981) дал определение стратиформным месторождениям и обосновал с позиций термодинамики невозможность образования даже небольших по запасам рудных объектов за счет теплоты гранитоидных массивов. А.А. Сидоренко (1965) показал широкое развитие процессов литогенеза и биолитогенеза, подобных фанерозойским, в докембрии. Л.В. Таусон доказал легкую подвижность золота в водных, в т.ч. холодных, растворах (Таусон и др., 1989), а также специализацию на золото толентовых магм (Таусон, 1982), как источник поступления золота в морские бассейны.

Большой вклад в развитие учения о стратиформном рудообразовании внесли Я.И. Белевцев (1968, 1979, 1981), У.А. Асаналиев (Асаналиев, 1984, 1990; Асаналиев и др., 1988), Л.Ф. Наркелюн (Наркелюн, Трубачев, 1997; Наркелюн и др., 1983), В.А. Буряк (1973, 1975, 1976, 1982, 1985). Известны своими работами в области стратиформного рудообразования В.В. Попов (Попов, 1980; Попов, Яковлев, 1984), В.М. Попов (Попов и др., 1980), В.С. Домарев (1967, 1984), Л.Н. Белькова (Белькова, Огнев, 1981), А.Т. Бендик (1970), В.Г. Гарьковец (1978, 1982), М.М. Константинов (1986, 2000), Л.В. Ли (1974).

Как показала практика, стратиформные месторождения обладают очень большими запасами руд, нередко являясь уникальными, и поэтому они рассматриваются как важнейший промышленный тип и как основная сырьевая база предприятий цветной металлургии для получения меди, свинца, цинка, ванадия, ртути, золота и др. Чтобы подчеркнуть экономическую значимость стратиформных месторождений достаточно назвать такие месторождения мирового значения как: медные (медно-полиметаллические) Брокен-Хилл и Маунт-Айза (Австралия), Удокан (Россия), Джесказган (Казахстан); серебро-свинцовое Марк-Артур Ривер (Австралия); полиметал-

лическое Холодненское (Россия); золоторудные Витватерсранд (ЮАР), Хоумстейк и Карлинг (США), Йеллоунайф, Керкленд Лейк-Лардер Лейк (Канада), Баллаларт и Бендиго (Австралия), Морру-Вельо (Бразилия), Коллар (Индия), Мурунтау (Узбекистан), Сухой Лог и Олимпиадинское (Россия).

Енисейский кряж и Кузнецкий Алатау издавна известны своими золоторудными месторождениями (Советское, Олимпиадинское, Эльдорадо, Коммунарское, Саралинское и др.), которые традиционно рассматриваются как эндогенные (магматогенно-гидротермальные) трещинно-жильные месторождения герцинского тектономагматического этапа. Выявление стратиформного золотого оруденения в Ленском золотоносном районе, аналогичном по геологическому строению Енисейскому кряжу, на основе новых представлений о роли литологии и складчатости в контроле золотого оруденения Советского, Олимпиадинского и других месторождений, позволило автору поднять вопрос о пересмотре генетического и промышленного типа золотого оруденения и Енисейского кряжа, и Кузнецкого Алатау, и рассмотрения его с позиции учения о стратиформном рудообразовании.

Анализ геологического строения золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау с позиции стратиформного (стратиформного метаморфогенного) рудообразования выполнен нами с применением метода построения объемных геологических и количественных моделей распределения золота, что позволило установить целый ряд новых закономерностей в строении месторождений, ранее ускользавших от наблюдения или же не находивших должного объяснения и потому замалчиваемых. Однако, на сегодня представляемая точка зрения не является общепризнанной.

Это направление поддерживал и развивал бывший Министр геологии СССР А.В. Сидоренко. С его смертью исследования по данной проблеме стали испытывать затруднения. Но в ряде регионов страны оно продолжало развиваться: в Средней Азии, в Узбекистане и Киргизстане, в Иркутской области, Якутии и Бурятии, где были найдены и разведывались стратиформные золоторудные месторождения.

Стратиформное рудообразование как новое научное направление, имеющее исключительно важное практическое значение, поддерживалось рядом известных специалистов и ученых страны. Среди них: д. г.-м. н. В.В. Попов – бывший зав. геологическим отделом Госплана СССР, академик Л.В. Таусон – бывший председатель Координационного совета “Рудное золото Сибири”, академик АН УССР Н.Н. Белевцев – бывший председатель Научного совета по стратиформному рудообразованию АН СССР, чл.-кор. АН Киргизской ССР У.А. Асаналиев, д. г.-м. н. В.Г. Гарьковец, лауреат Госпремии за открытие месторождения Мурунтау, д. г.-м. н. В.В. Буряк, лауреат Госпремии за открытие Сухоложского месторождения, и другие.

На сегодня сложилась следующая, почти парадоксальная, ситуация. Формально золоторудные месторождения и в России и в Восточной Сибири признаются, но как только дело доходит до признания конкретного рудного месторождения стратиформным, так сразу находится масса всевозможных возражений, подкрепленных “фактами”, не выдерживающими никакой критики. Главным тормозом на пути признания наличия в России и, в частности, в Сибири, стратиформных золоторудных ме-

сторождений долгие годы являлись головной институт бывшего Мингео ЦНИГРИ и Государственная комиссия по запасам (ГКЗ), признававшие только гидротермальный генезис золоторудных месторождений и не допускавшие никакой альтернативы в этом вопросе. Геологическое руководство бывшего Мингео СССР и ряда территориальных геологических управлений и институтов, наоборот, позитивно относились к идеи стратиформного рудообразования. Это же относится и к ряду научных центров и институтов Российской академии наук.

Именно вопросам, дискутируемым в печати, и посвящена данная работа. Основными дискуссионными вопросами, на наш взгляд, являются: есть ли стратиформные золоторудные месторождения в Восточной Сибири; если есть, то каковы их отличительные особенности; можно ли использовать геологические особенности стратиформных золоторудных месторождений для совершенствования методики геолого-поисковых и геологоразведочных работ; как рационально проводить экономическую оценку стратиформных золоторудных месторождений и каковы возможные перспективы укрепления золоторудной сырьевой базы в Восточной Сибири. Поэтому вопрос о стратиформном оруденении является далеко не академическим, а имеет большое практическое значение.

Глава 2

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Особенности геологического строения золоторудных месторождений Енисейского кряжа рассматриваются на примере двух наиболее крупных месторождений – Советского и Олимпиадинского, хотя, по мнению автора, подавляющее число золоторудных месторождений этого региона принадлежит стратиформному морфологическому и генетическому типу: Золотой бугорок, Полярная звезда, Огнепотерьевское, Эльдорадо, месторождения Верхне-Енашиминского района, месторождения Партизанского района и др.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СОВЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ПРЕДСТАВИТЕЛЯ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Советское золоторудное месторождение – самое известное и, до открытия Олимпиадинского месторождения, самое крупное месторождение рудного золота Енисейского кряжа. На нем за годы эксплуатации добыто порядка 150 т золота, и потенциал его далеко не исчерпан. Геологическое описание Советского месторождения приводится во многих монографических изданиях (Атлас..., 1973; Петровская, 1973; Рудные месторождения СССР, 1974).

Месторождение локализовано в пределах черно-серых и черных углисто-глинистых сланцев и филлитов удерейской свиты позднего протерозоя (рифей) на значительном удалении от выходов гранитных интрузий. Возраст отложений по по глаукониту 1220–1280 млн. лет. Вмещающие образования, претерпевшие метаморфизм зеленосланцевой фации, характеризуются напряженной, нередко изоклинальной складчатостью. На них за пределами месторождения в раннепалеозойских грабенах

с угловым несогласием полого залегают фаунистически охарактеризованные терригенно-карбонатные породы нижнего кембрия, содержащие в базальных горизонтах гальку золотоносного кварца.

На месторождении широким развитием пользуются две системы разрывных нарушений северо-западного и субширотного простираций. К первой системе относятся разломы Главный, Параллельный, Сухого Лога и ряд других более мелких нарушений, круто падающих к юго-западу. Вторая представлена Первым (I) и Вторым (II) Широтными и другими более мелкими разломами, падающими к северу. Ряд исследователей Главный и I Широтный разломы считают рудоконтролирующими.

Развитые за пределами Советского месторождения магматические образования представлены породами основного и кислого состава и относятся к двум интрузивным комплексам позднепротерозойского возраста: метабазиты – к комплексу, синхронному с этапом осадкообразования рудовмещающих пород, гранитоиды – к Татаро-Аяхтинскому комплексу.

СТРУКТУРА И ГЕНЕЗИС МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ПРЕДСТАВЛЕНИЯМ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РУДНИКА

Изучение Советского месторождения, как и коренной золотоносности всего Енисейского края, имеет длительную, почти вековую историю. Первые геологические исследования района и месторождения в конце прошлого столетия проводил Л.А. Ячевский (1903), который отметил наличие наряду с гидротермальными рудными телами сегрегационных золотокварцевых жил этапа метаморфизма. Чуть позднее В.А. Обручев (1913) по материалам Л.А. Ячевского отнес месторождение к классу трещинно-жилых эндогенных месторождений. Однако, вслед за В.А. Обручевым Н.С. Пен (1919 г.) на основании изучения месторождения пришел к выводу о наличии наряду с типичными кварцевыми жилами своеобразных складчатых жил, испытавших этап пластической деформации. Эти наблюдения подтверждал известный исследователь А.К. Мейстер, посетивший месторождение в 1926 году, который указал на наличие характерных седловидных жил.

В тридцатых годах благодаря исследованиям Н.Н. Горностаева (1936) и Е.И. Рыцка (1935 г.) утвердилась точка зрения, что кварцевые жилы Советского месторождения являются согласными с вмещающими породами и приурочены исключительно к замкам антиклинальных и синклинальных складок. Рассматриваемое месторождение Н.Н. Горностаев назвал “Советским Бендиго” по аналогии с известным золоторудным месторождением в Австралии, однако генезис месторождения он связывал с нескрытой гранитной интрузией. А.И. Шаманский, посетивший месторождение в 1940 г., выдвинул гипотезу о связи рудных тел месторождения с поперечной складчатостью.

В более поздних работах А.А. Спиридонова (1947 г.) и особенно П.С. Бернштейна и Н.В. Петровской (1954) полностью отрицаются представления о складчатом

контроле золотокварцевого оруденения и развиваются взгляды о ведущей роли дорудной разрывной тектоники в формировании структуры месторождения.

Особую роль в распространении представлений о жильном характере рудных тел Советского месторождения сыграли исследования П.С. Бернштейна в 1947 г. (Бернштейн, 1962; Бернштейн, Петровская, 1954). Он выдвинул и развил представления о приуроченности Советского месторождения к региональной зоне смятия северо-западного простирания и о ведущей рудоконтролирующей роли развитого в пределах месторождения и согласного с зоной смятия Главного нарушения. Им полностью отрицается складчатый контроль оруденения. П.С. Бернштейн полагал, что кварцевые тела месторождения приурочены исключительно к участкам пересечения тектонических трещин скалывания, параллельных Главному нарушению (“Главной зоне дробления”) и зон так называемого “интенсивного расслаивания”, имеющих, по его мнению, то же северо-западное простирание, но характеризующихся вертикальным падением.

В последующие два десятилетия взгляды о значении разрывных нарушений как главных рудоконтролирующих структур в формировании Советского месторождения становятся общепризнанными. Их разделяют и поддерживают В.А. Богданович, Н.В. Стахеев и В.Д. Загнойко. Проводивший в течение ряда лет структурную съемку поверхности и нижних горизонтов Советского месторождения В.А. Богданович (1964, 1967) пришел к выводу, что вмещающие породы слагают моноклиналь северо-западного простирания и юго-западного падения, осложненную флексурными изгибами и складками высоких порядков, а кварцевые жилы месторождения контролируются наличием сопряженных опирающих Главное нарушение тектонических трещин. При этом он определенное значение, как рудо локализирующим факторам, придавал литологическим особенностям и так называемым “флексурным изгибам” вмещающей филлитовой толщи, приводящим, по его мнению, к “ярусности” золотокварцевого оруденения.

В шестидесятые годы в работах Н.В. Стахеева (1966 г.) роль основных рудоконтролирующих структур отводится системе Главного и I Широтного разломов – основных дизъюнктивов, развитых на Советском месторождении. Этому представлению способствует принятая на руднике система документации геологоразведочных и очистных выработок, при которой ни на планах, ни на разрезах не показываются вмещающие породы и их элементы залегания, априорно считающиеся постоянными. Представления о рудоконтролирующем характере разрывных структур Советского месторождения в последующие годы получили широкое развитие и всеобщее признание. Этому положению способствовала позиция, занимаемая ГКЗ, которая неоднократно ревизовала геологические материалы месторождения, строго придерживаясь гипотезы гидротермального трещинно-жильного генезиса. Эти же представления целиком разделяются геологической службой рудника и являются основой направления проводимых геологопоисковых и геологоразведочных работ.

Сторонники трещинно-жильной разрывной структуры Советского месторождения и его гидротермального генезиса не отрицают наличия складчатых кварцевых тел, но не считают их характерными для рудного поля и обычно объясняют их воз-

никновение с позиции “искривления” сколовых трещин или приуроченностью их к складкам волочения, образовавшихся вдоль тектонических нарушений в результате движения тектонических блоков.

На тектоническое положение Советского месторождения, как и на его структуру, нет общепризнанной точки зрения. Один из первых исследователей района Советского месторождения Т.М. Дембо (1941 г.) пришел к выводу о приуроченности месторождения к северо-восточному крылу антиклинория, осложненного крутыми нередко изоклинальными и опрокинутыми складками высоких порядков.

По исследованиям Е.М. Лазько (1941 г.) Советское месторождение приурочено к северо-восточному крылу крупной синклинали первого порядка, осложненной в пределах рудного поля пятью антиклинальными складками второго порядка. Одна из названных антиклинальных складок Е.М. Лазько пространственно совпадает с выделяемой Р.И. Рыцком (1935 г.) антиклиналью, отображенной на графических материалах к отчету по подсчету запасов, выполненному П.С. Бернштейном и Н.В. Петровской (1951 г.).

Автором на основании выделения продуктивного горизонта и установления его элементов залегания, а также наблюдений в карьере 6, подтверждено наличие этой антиклинали. Эта складка, как будет показано ниже, является на месторождении структурой первого (I) порядка. Она залегает в северо-западном тектоническом блоке и контролирует расположение рудных тел, выделяемых геологической службой на месторождении под названием Первая–третья (I–III) рудные зоны.

П.С. Бернштейн (1947 г.), изучавший наряду со структурой Советского месторождения и прилегающий район, полагал, что месторождение расположено в пределах юго-западного крыла антиклинальной складки первого порядка, строение которой осложнено, по его терминологии, “микроскладками”, к которым он относил складки с расстоянием между осями не более 10 м. Он отрицал объективность выделения Е.М. Лазько антиклиналей, хотя, как сказано выше, одна из этих структур отражена в документации к отчету.

Согласно последним геологическим картам района, составленным более 30 лет назад, Советское месторождение приурочено к северо-восточному крылу крупной синклинали складки с размахом крыльев порядка 10–12 км (Вызу, 1956 г.; Лещинская, 1970 г.). Эта точка зрения представляется автору наиболее убедительной. Таким образом, Советское месторождение приурочено к северо-восточному крылу крупной синклинали первого порядка, осложненной складками второго и более высоких порядков, вплоть до плейчатости, а также крупными протяженными разрывами северо-западного и широтного простирания, ориентированными субпараллельно дизъюнктивам, ограничивающими тектонические грабены, выполненным кембрийскими отложениями. Наличие складок I и II порядка подтвердились при разведке Огне-Потеряевского месторождения, приуроченного к периклинальному замыканию крупной антиклинальной структуры.

С начала 70-х годов, на протяжении более 15 лет, изучением геологии, структуры и распределения золота на Советском месторождении занимались сотрудники института Ирригедмет, в числе которых принимал участие и автор, сначала как ответ-

ственный исполнитель, а позднее как руководитель исследований и как куратор ВПО “Союззолото” по рудной сырьевой базе объединения “Енисейзолото”. Исследования Ирриредмета возродили и развили представления Л.А. Ячевского, А.К. Мейстера, Н.Н. Горностаева и Р.И. Рыцка о ведущей роли литологического контроля и складчатости в распределении рудных тел Советского месторождения (Григоров, 1989 г.; Филонюк, Григоров, Кривоборский, 1973, 1975, 1977 гг.; Григоров, Филонюк, 1976; Григоров и др., 1976).

Основные положения и выводы по исследованиям Ирриредмета были приняты и использовались геологической службой рудника и руководством ПО “Енисейзолото”. В семидесятые годы на руднике с целью объективного картирования складчатых структур была введена фотодокументация очистных и геологоразведочных выработок. Позднее, в начале 80-х годов результаты исследований были поставлены под сомнение, так как находились в противоречии с представлениями экспертов ГКЗ. Вместе с тем, представления Ирриредмета получили поддержку со стороны ряда ведущих ученых и специалистов-геологов: академиков В.И. Смирнова, А.В. Сидоренко и Л.В. Таусона, докторов наук В.А. Буряка и Ю.В. Комарова. В 1989 г. автор отправил в адрес Союззолото докладную записку о необходимости внедрения в практику геологоразведочных работ представлений о стратиформном рудообразовании. В результате было принято постановление о постановке опытно-производственных испытаний с целью внедрения рекомендованных автором методик.

Таким образом, на структуру Советского месторождения за все время его изучения были высказаны две точки зрения. Сторонники одной из них (П.С. Бернштейн, Н.В. Петровская, В.А. Богданович, геологическая служба рудника и их последователи) считали, что распределение кварцевых тел Советского месторождения определяется расположением крупных разрывных нарушений и оперяющих их трещин. При этом все разломы рассматриваются как дорудные и лишь частично синрудные. Соответственно и рудные зоны залегают круто, почти вертикально и выдержаны как по простиранию, так и по падению.

Сторонники другой точки зрения (Н.Н. Горностаев, Р.А. Рыцк, В.А. Филонюк и автор), напротив, полагали, что главным фактором контроля оруденения является складчатая структура месторождения, определяющая особенности расположения кварцевых тел, приуроченных преимущественно к замкам антиклинальных и синклинальных складок, а по исследованиям Ирриредмета и автора – еще и к определенному продуктивному горизонту.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОРА

Методика работ

Расшифровка сложной складчатой структуры месторождения проводилась в условиях отсутствия четких визуальных маркирующих горизонтов в пределах вмеща-

ющей толщи филлитов, опираясь лишь на взаимоотношения золотокварцевых тел и сланцев, носящие характер тесного чередования. Первоначально автор априорно исходил в своих построениях из возможности приуроченности кварцевых тел к определенному литологическому (стратиграфическому) горизонту или нескольким горизонтам и, следовательно, возможности их прослеживания по степени насыщенности филлитов золотосодержащим кварцем.

Анализ размещения золотоносных кварцевых тел внутри рудного поля проведен на 8 основных рабочих горизонтах путем отстройки объемных количественных моделей распределения золота и кварца и совмещения их с объемной геологической моделью, произведенного на трех уровнях – на уровне рудных тел, рудных зон и рудного поля в целом. Результаты анализа показали, что золотоносные кварцевые тела концентрируются в разных участках рудного поля в определенных горизонтах, названных нами “рудными” или “продуктивными”. Границы рудных горизонтов проведены условно, по их насыщенности кварцевыми золотоносными телами. Какие-либо визуальные литологические особенности рудных горизонтов исследованиями не установлены – внешне они не отличаются от других сланцев вмещающей толщи. Прослеживание рудных горизонтов с построением объемной натурной геологической модели масштаба 1:1000 (Филонюк, Григоров и др., 1975 г.) позволило выделить в пределах рудного поля несколько крупных и более мелких складок, контролирующих распределение в пространстве основного продуктивного горизонта, показать наличие разрывных нарушений, осложняющих структуру месторождения, тем самым в общих чертах расшифровать структуру филлитовой толщи в пределах рудного поля. Единая складчатая структура месторождения расчленена на отдельные крупные тектонические блоки, испытавшие дифференцированные перемещения относительно друг друга.

Ниже мы отдельно рассмотрим складчатые и разрывные элементы единой складчато-блоковой структуры месторождения, в которой главную рудоконтролирующую роль играет складчатость, а разрывные нарушения носят явно пострудный характер.

Разломы и складчато-блоковая структура месторождения

Разрывная тектоника проявилась на Советском месторождении чрезвычайно интенсивно. Разрывные нарушения относятся к двум возрастным группам: синскладчатой (собственно синскладчатой и позднескладчатой), связанной с этапом складчатости, и постскладчатой, связанной с этапом блоковой тектоники, сопровождавшейся в районе образованием грабенов, выполненных раннекембрийскими известняками. По возрасту синскладчатые разрывные нарушения являются позднепротерозойскими, постскладчатые – раннепалеозойскими. По отношению к оруденению первые являются синрудными, а вторые – пострудными. Известные на месторождении крупные разрывы – Главный, Параллельный, I и II Широтные, Сухого Лога и многие другие являются постскладчатыми и пострудными. Именно они разбивают

рудное поле месторождения на крупные тектонические блоки, испытавшие значительные смещения по ним относительно друг друга с амплитудой от нескольких десятков метров до 120 м (Григоров, 1975; Григоров и др., 1976).

По ориентировке выделяется две системы постскладчатых нарушений: северо-западного простираения, параллельного складчатости, складкам I порядка, и субширотного, секущего по отношению к складчатости. Нарушения северо-западного простираения имеют крутое падение к юго-западу, углы падения составляют 60–70°. Нарушения второй группы круто падают к северо-западу. По характеру движений разломы северо-западного простираения (Главный, Параллельный, Сухого лога и др.) являются взбросами, а нарушения субширотного простираения (I и II Широтные и им параллельные) – взбросо-сдвигами, которые смещают отдельные элементы складок I порядка – главные рудоконтролирующие структуры месторождения.

Амплитуда смещения по разломам составляет десятки и многие десятки метров, достигая ста и более метров: так, амплитуда взброса по Главному разлому составляет около 110 м, амплитуда взброса I Широтного нарушения около 100 м, а сдвига более 150 м.

На месторождении выделяется четыре крупных тектонических блока: Северо-Западный, Северо-Восточный, Центральный и Юго-Восточный (рис. 1).

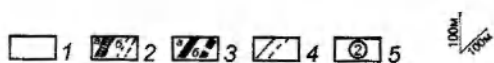
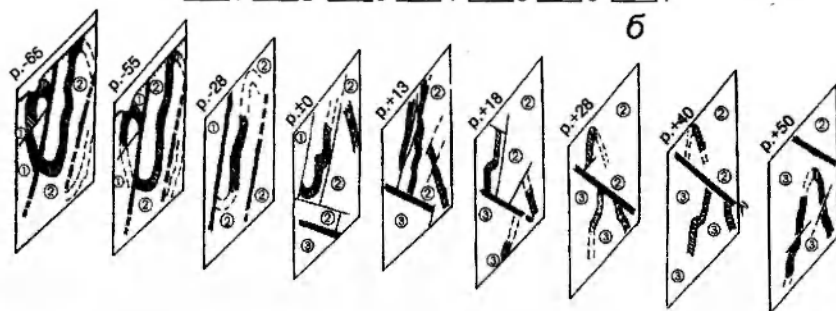
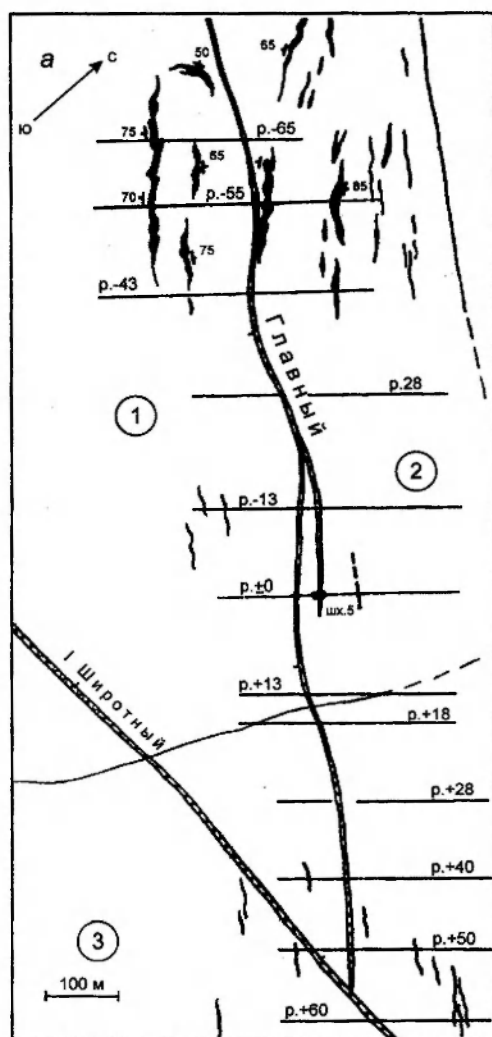
Северо-Западный блок ограничен с северо-востока Главным, с юга I Широтным разломами. В его пределах отмечается фрагмент продуктивного горизонта, образующего антиклинальную складку I порядка (см. рис. 1, рис. 2). Выделяемые на Советском месторождении I, II и III рудные зоны (Атлас..., 1973) отвечают соответственно юго-западному крылу, замку и северо-восточному крылу этой антиклинали. Северо-Западный блок поднят относительно Северо-Восточного на высоту порядка 80–90 м.

Северо-Восточный блок по Главному разлому контактирует с Северо-Западным блоком, а с юга ограничен I Широтным разломом. В его пределах отмечается фрагмент складчатой структуры, трассируемый продуктивным горизонтом и представленный на глубине замком синклинальной складки I порядка и ее северо-восточным крылом, а у поверхности замком сопряженной антиклинальной складки I порядка (см. рис. 1, разрезы “–65” и “–55”). По отношению к Северо-Западному блоку он опущен на 100–120 м. Рудные тела этого тектонического блока, относимые

Рис. 1. Схематическая геологическая карта (а) и поперечные профили (б), демонстрирующие складчато-блоковую структуру Советского месторождения. Составлены с использованием материалов геологической службы рудника (Филонюк В.А., Григоров В.Т., 1975 г.)

а: 1 – вмещающие сланцы; 2 – кварцево-жильные зоны и отдельные кварцевые жилы; 3 – главные разломы; 4 – прочие разломы; 5 – элементы залегания; 6 – цифровые обозначения крупных тектонических блоков (1 – Северо-Западный, 2 – Северо-Восточный, 3 – Центральный); 7 – положение разрезов и их номера.

б: 1 – вмещающие сланцы; 2 – продуктивный горизонт (а – установленный, б – предполагаемый); 3 – главные разломы с зонами дробления (а – установленные, б – предполагаемые); 4 – прочие разрывные нарушения; 5 – цифровые обозначения крупных тектонических блоков



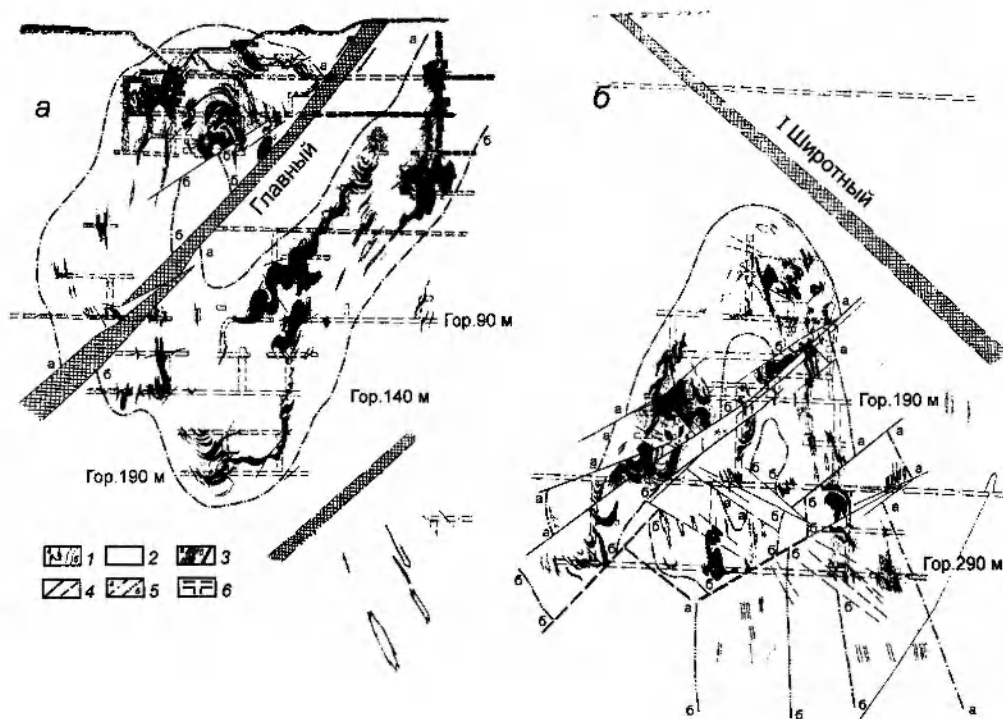


Рис. 2. Советское месторождение. Складки первого порядка, определяющие положение продуктивного горизонта (Филонюк В.А., Григоров В.Т., 1975 г.)

Поперечные разрезы: *а* – разрез “-65”, *б* – разрез “+50”. *1* – золотокварцевые рудные тела (*а* – установленные, *б* – предполагаемые); 2 – филлиты; 3 – важнейшие разломы (*а* – установленные, *б* – предполагаемые); 4 – прочие разрывные нарушения; 5 – границы продуктивного горизонта (*а* – установленные, *б* – предполагаемые); *б* – контуры горных выработок

геологической службой к IV и V рудным зонам, структурно приурочены соответственно к северо-западному крылу антиклинали и замку синклинали I порядка.

Северо-Восточный блок в центральной части месторождения разбит на серию более мелких блоков (см. рис. 1, разрез “+13”), испытавших смещение относительно друг друга с амплитудой от нескольких метров до первых десятков метров.

Центральный блок расположен между I и II Широтными нарушениями. В его пределах, как и в предыдущем тектоническом блоке, отмечается серия менее мощных нарушений, разбивающих его на более мелкие тектонические блоки.

Рудные тела Центрального блока известны под названием Шестой (VI) рудной зоны, которая отрабатывалась с конца пятидесятых годов вплоть до 1998 года. Они концентрируются в пределах продуктивного горизонта, слагающего антиклиналь I порядка (см. рис. 1, разрезы “+28”, “+40”, “+50”).

Юго-западное крыло антиклинали I порядка описываемого блока отвечает северо-восточному крылу сопряженной с ней синклинали Северо-Восточного тектонического блока; при этом продуктивный горизонт испытывает взбросо-сдвиг по I Широтному разлому.

Ось антиклинали I порядка Центрального блока погружается в юго-восточном направлении под углом 15–20°, что и определяет юго-восточное склонение рудных тел VI рудной зоны. Складка периклинально замыкается вблизи II Широтного разлома.

На отдельных участках в пределах рассматриваемого тектонического блока строение продуктивного горизонта усложняется, и он содержит две или три продуктивные полосы, разделенные безрудными слоями вмещающих сланцев. Мощность продуктивных полос и безрудных пачек сланцев составляет соответственно 4–8 и 10–15 м.

Юго-Восточный блок расположен южнее II Широтного разлома. Он вскрыт преимущественно капитальными горными выработками и достоверных данных относительно закономерностей расположения в его пределах рудных тел не имеется.

Продуктивный горизонт, образующий складки I порядка, отдельные фрагменты которых отмечаются в пределах выше описанных четырех тектонических блоков, контролирует более 90–95% всех известных на месторождении рудных тел (Григоров, Филонюк, 1976).

Складчатые структуры месторождения

Все промышленные рудные тела центральной части Советского месторождения, представляющие собой отдельные крупные складчатые кварцевые жилы и серии складчатых кварцевых жил и прожилков, залегают в замках и подчиненно в крыльях складок разного порядка в пределах одного продуктивного горизонта.

Наиболее крупные складчатые структуры в пределах рудного поля Советского месторождения представлены сублинейными складками с расстоянием между осевыми поверхностями порядка 600 м и амплитудой 80–120 м, которые условно нами выделены как складки I порядка. Складки I порядка – открытые или сжатые дисгармоничные складки северо-западного простирания, длиной до 1,5 км, иногда запрокинутые к северо-востоку и характеризующиеся резкой ундуляцией осей на участках их замыкания. Представление о них дают блок-диаграмма месторождения и поперечные разрезы рудного поля (см. рис. 1, 2).

Складки I порядка, контролирующие положение рудных зон, рассматриваются нами как рудоконтролирующие структуры I порядка. Они осложняются складками II порядка (см. рис. 2), которые выделяются исключительно по морфологии крупных кварцевых тел (рис. 3) и подчеркиваются распределением “ксенолитов сланцев” в последних. Амплитуда складок II порядка обычно не превышает 50–70 м, а размах крыльев 20–30 м.

По форме складки II порядка – типичные подобные и дисгармоничные складки, являющиеся в основной массе складками волочения. Они имеют четкий “левый”

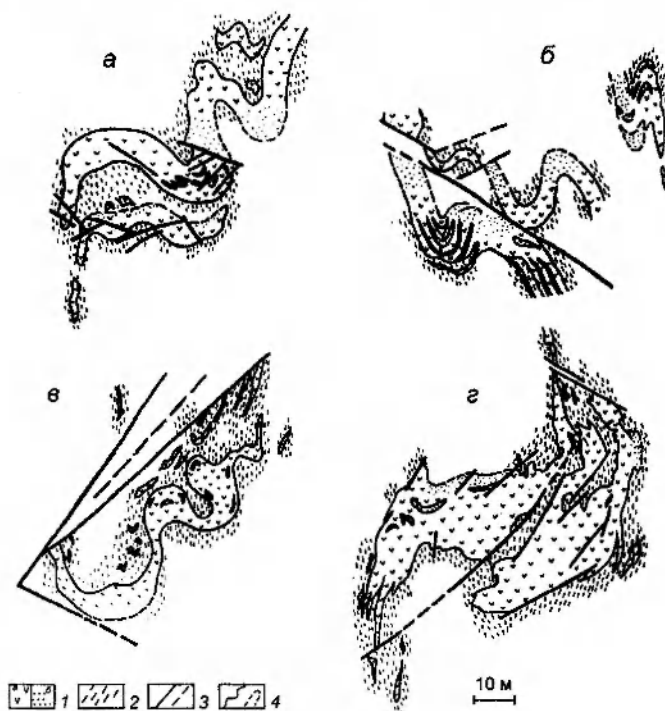


Рис. 3. Морфология золотокварцевых рудных тел Советского месторождения, обусловленная складками второго порядка (Филонюк В.А., Григоров В.Т., 1975 г.)

Поперечные разрезы: а – разрез “+34”, гор. 190–240 м; б – разрез “+45”, гор. 240 м; в – разрез “0”, гор. 90–140 м; г – разрез “-33”, гор. 90 м. 1 – золотокварцевые рудные тела (а – установленные, б – предполагаемые); 2 – вмещающие сланцы; 3 – разрывные нарушения; 4 – границы рудных тел

или “правый” рисунок как в плане, так и в поперечном разрезе – в зависимости от того, в каком крыле складки I порядка они находятся, что так характерно именно для складок волочения (Белоусов, 1962; Паталаха, 1985). Эти дислокации, как правило, являются продольными; как исключение описаны поперечные осложняющие складки. Они встречены в борту карьера б, в пределах рудных зон I–III.

Складки II порядка по размерам на порядок меньше складок I порядка и по морфологии резко отличаются от последних: это брахиформные складки с резко ундулирующими осями, углы наклонов осей обычно колеблются от 20–30 до 50–70°. К их замкам и крыльям приурочено, как это будет показано ниже, основное количество промышленных рудных тел Советского месторождения. Подобные структуры, видимо, характерны не только для Советского месторождения, т.к. описаны для таких известных месторождений, как Хоумстейк, США (Nobl, 1950), и особенно для месторождения Коллар, Индия (Naraynaswati et al., 1960) и Бендиги и Балларат, Австралия (Geology..., 1953), где они являются главными рудоконтролирующими структурами.

Характерным элементом складок II порядка является резкое увеличение мощности кварцевых тел (кварцевых выделений) в замковых частях, что является свидетельством нагнетания более пластичного, в данном случае кварцевого материала, в их ядра в процессе складкообразования (Паталаха и др., 1995; Ситтер, 1960).

В качестве осложняющих структурных элементов складок II порядка отмечаются синскладчатые и позднескладчатые малоамплитудные дизъюнктивные нарушения, обычно не выходящие за пределы “рудного” горизонта или, другими словами, за пределы складчатых структур II порядка. Последние в сочетании с будинажем, проявленным в конечную стадию складчатости, определяют морфологию отдельных крупных золото-содержащих кварцевых рудных тел месторождения.

Складки II порядка с осложняющими их синскладчатыми и позднескладчатыми разрывными нарушениями рассматриваются нами как рудоконтролирующие и рудолокализирующие структуры (факторы), определяющие морфологическую и концентрационную неоднородность золотокварцевого оруденения второго уровня – рудных тел.

Складки II порядка, в свою очередь, осложняются складками III и более высоких порядков, характеризующимися амплитудой и размахом крыльев один-два, реже несколько метров. Они хорошо видны в очистных и других горных выработках. Отмечается большое разнообразие складок высоких порядков по форме и размерам (рис. 4, 5). Данные складки определяют морфологическую и концентрационную неоднородность золотокварцевого оруденения третьего уровня неоднородности – неоднородности в пределах отдельных рудных тел. Отдельные элементы складок высоких порядков, особенно крылья, сильно будинированы и, вслед за Н.В. Петровской (1973), получили название “фестончатых жил” или “кудрей” (рис. 6).

Довольно часто крылья складок высоких порядков разбиты трещинами кливажа осевой плоскости, по которым они нередко испытывают незначительные (от несколь-

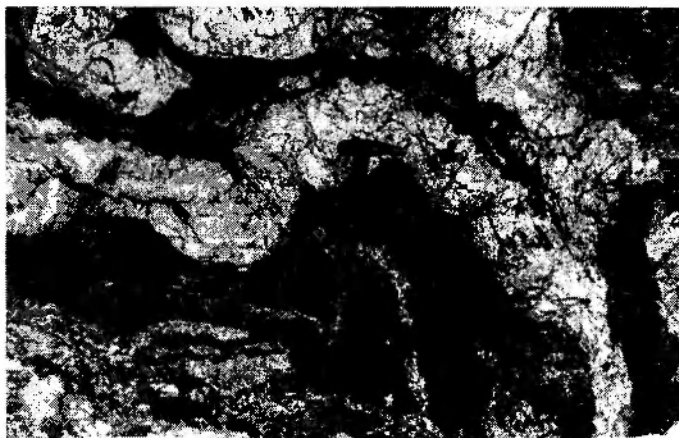


Рис. 4. Складчатые золотокварцевые жилы Советского месторождения
Стенка квершлага гор. 340 м. Фото геологической службы рудника. Белое – кварц

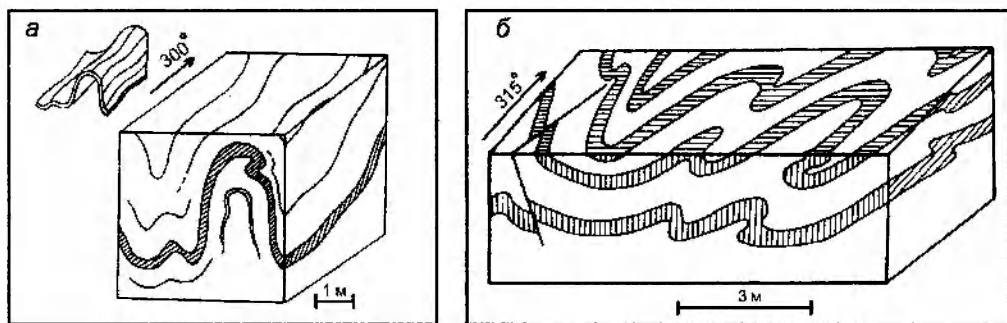


Рис. 5. Блок-диаграммы складок высоких порядков, характеризующих внутреннее строение рудных тел на Советском месторождении

a – камера 80-5, гор. 290 м (белое – кварц, штриховка – прослой сульфидов с видимым золотом); *б* – камера 78-5, гор. 280 м (белое – кварц, штриховка – сланец)

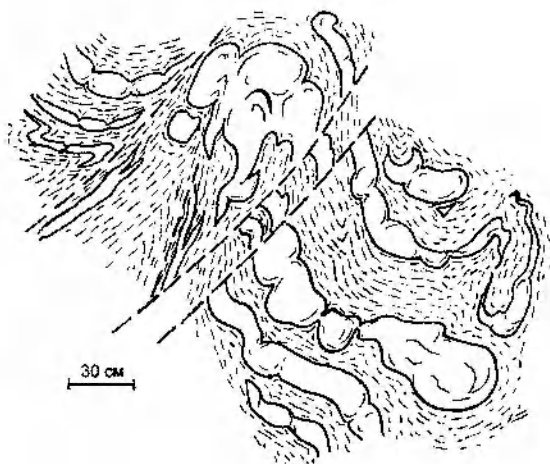


Рис. 6. Будинированные согласные золотокварцевые тела Советского месторождения, “фестончатые жилы” (белое) во вмещающих углистых сланцах (заштриховано). По Н.В. Петровской (1954 г.)

ких миллиметров до 0,5–1 см) смещения. Складки высоких порядков вплоть до пloyчатости так же, как и складки I и II порядков, затронуты постскладчатыми разрывными нарушениями, отчетливо наблюдаемыми как в горных выработках, так и в обнажениях (стенках карьеров). Последние не всегда отличимы от синскладчатых и позднескладчатых дизъюнктивов.

Поперечная складчатость. На месторождении четко установлены явления ундуляции шарниров складок I и особенно II порядков, которые мы, вслед за А.И. Шаманским (1940 г.), рассматриваем как проявление поперечной складчатости.

Учитывая материалы по моделированию процесса складкообразования (Паталаха, 1985), полагаем, что образование продольных и поперечных складок одного и

того же порядка происходило одновременно, как реакция среды на двустороннее сжатие поперек складчатой толщи и вдоль последней. Таким образом, процесс складчатости сопровождался “течением” вещества (и глинистого, и кремнистого материала) как в направлении падения, так и в направлении простираения осевых поверхностей формировавшихся складок (Паталаха, Слепых, 1974).

Именно только этими процессами можно объяснить появление “кольцевых” и “овальных” кварцевых жил, наиболее часто зафиксированных при документации верхних горизонтов месторождения. Форма “кольцевой” кварцевой жилы объясняется пересечением плоскостью горной выработки замка брахиформной складки II или III порядка.

Как уже отмечалось, складки I порядка линейные и характеризуются относительно пологими углами погружения шарниров (углы составляют $10-15^\circ$, реже 20°) и только на участках замыкания становятся крутыми, достигая $60-70^\circ$. Погружение шарниров складок II порядка, как правило, круче и достигает $60-70^\circ$ при средних углах $30-40^\circ$.

Имеются наблюдения, свидетельствующие о проявлении наложенной складчатости или, возможно, двух следующих друг за другом фаз одного периода складчатости, при этом наложенная складчатость второй фазы была ориентирована под углом к первой и ее интенсивность была более слабой.

К фактам наложения складчатости относятся:

а) наблюдаемый складкообразный или S-образный изгиб осевых поверхностей складок III и более высокого порядков;

б) наличие типичных поперечных складок высокого порядка в отдельных участках крыльев складок II и III порядков, при этом направление осевых поверхностей поперечных складок совпадает с направлением падения крыльев складок II или III порядков и почти перпендикулярно осевым поверхностям крупных складок;

в) наличие структур “конус в конус” или “фунтиковых структур”, описанных Е.И. Паталахой (Паталаха, 1985; Паталаха, Слепых, 1974) как проявление реакции среды на трехстороннее сжатие.

Масштабность проявления наложенной поперечной складчатости в целом для месторождения, по-видимому, не велика. Однако ее наличие носит повсеместный характер, обуславливая в плане форму брахиформных складок II порядка, в то время, как складки I порядка, несмотря на ундуляцию шарниров, относятся к линейному типу. Соотношение длины складок I порядка к их ширине составляет не менее $1:7 - 1:10$, для складок же II порядка это соотношение, как правило, не больше $1:5$.

Вопрос о поперечной складчатости в условиях Советского месторождения носит не академический, а сугубо практический характер, т.к. морфология складок I порядка определяет положение выделяемых на месторождении рудных зон, а складки II порядка в значительной степени обуславливает форму и условия залегания золото-кварцевых жильных тел или их скоплений, отвечая уровню крупных самостоятельных рудных тел, представляющих интерес непосредственной добычи. Картирование элементов складок позволяет прогнозировать продолжение отдельных рудных тел на нижние горизонты.

Кливаж. По условиям образования на месторождении выделяются три разных генетических типа кливажа: кливаж послойного течения, кливаж осевой плоскости (кливаж разлома) и ложный кливаж – кливаж зон рассланцевания. В период складчатости сформировался кливаж послойного течения, обусловленный дифференцированным течением вещества горных пород вдоль первичной слоистости, в результате чего новообразованные пластинчатые минералы (серицит, хлорит) приобрели параллельную ей ориентировку. Очевидно, этот кливаж можно назвать сланцеватостью, поскольку генетически он близок кристаллизационному типу. Кливаж послойного течения, как правило, хорошо читается на крыльях складчатых структур и “затушеван”, плохо проявлен в замках последних, где более ярко проявился кливаж осевой плоскости.

Кливаж осевой плоскости – главный кливаж течения, по В.В. Белоусову (1962), образовался в завершающие стадии складчатости или вслед за последней, т.к. трещины кливажа осевой плоскости пересекают различные прослои сланцев и кварца. Трещины кливажа осевой плоскости иногда подчеркиваются развитием параллельных им отдельных чешуек новообразованного хлорита. Часто по трещинам кливажа осевой плоскости отмечается смещение отдельных прослоев сланца и кварца, с амплитудой от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров и лишь изредка эти смещения достигают 10–15 см. Описываемый вид кливажа проявлен на месторождении особенно четко. В пределах отдельных участков месторождения он характеризуется северо-западным простираем и крутым северо-восточным и юго-западным падением (углы падения составляют обычно 60–80°). Разная ориентировка кливажа осевой плоскости в различных участках месторождения, видимо, определяется положением осевых поверхностей складок I порядка.

Кроме названных, на месторождении довольно широко проявлен ложный или вторичный кливаж, образовавшийся вдоль тектонических зон и имеющий с ними общую ориентировку. В результате интенсивно проявленных кливажа послойного течения и кливажа осевой плоскости, нередко совпадающих, особенно на крыльях складчатых структур (где угол между ними составляет несколько градусов), породы месторождения обладают четкой тонкоплитчатой отдельностью, столь характерной для шиферных сланцев.

Ряд исследователей – П.С. Бернштейн (Бородаевский, Бернштейн, 1967), В.А. Богданович, Е.М. Лазыко, Т.М. Дембо и другие – полагали, что кливаж относится к одному из рудолокализирующих факторов. По нашим наблюдениям кливаж осевой плоскости в большинстве случаев сечет и смещает согласные кварцевые жилы и прожилки, но на отдельных участках месторождения, особенно по периферии крупных складчатых кварцевых тел (замки складок II порядка), отмечаются мелкие “инъекции” кварца – затекание пластичного кварцевого материала вдоль трещин кливажа осевой плоскости в завершающие этапы складчатости.

В результате чего образуется как бы “бахрома” мелких кварцевых “прожилков”, окружающая крупные складчатые кварцевые тела. Эти наблюдения подтверждают высокую подвижность кварцевого материала в процессе складчатости до этапа полной литификации пород.

Будинаж. На месторождении широко проявлен будинаж (Судовиков, 1957) кварцевых согласных складчатых тел и спорадически отмечается будинирование отдельных более компетентных прослоев вмещающих пород. Это обусловлено почти полным отсутствием слоистости. Обычно на месторождении проявлен процесс будинирования золотосодержащих кварцевых тел или, как их обычно называют, жил с образованием будин отрывы и скола, реже вращения, еще реже явлений диапиризма (ядер складок второго и более высокого порядков) и будинирования совместно. Более подробно на будинировании кварцевых тел остановимся ниже, при рассмотрении морфологии и генезиса рудных тел.

Таким образом, в процессе складчатости первично однородная (слабо неоднородная – слоистость почти отсутствует) среда превратилась в складчато-неоднородную, геологическую среду, что было обусловлено разными реологическими свойствами геологического субстрата и условиями разного давления в крыльях и замках формировавшихся складчатых структур разных порядков. Это вызвало перераспределение кварцевого материала в процессе складчатости, протекавшей на фоне регионального метаморфизма, сопровождавшегося синхронными гидротермальными процессами (Григоров, 1983; Коновалов, 1985; Шмотов, 1977).

Морфология рудных тел и рудных столбов

Форма крупных золоторудных кварцевых тел Советского месторождения, как было сказано выше, определяется морфологией складок II порядка. Это складчатые уплощенные залежи или линзы, несколько удлинённые в северо-западном направлении и осложненные по периферии мелкими складчатыми и синскладчатыми разрывными структурами (см. рис. 3–5, рис. 7).

Геологической службой рудника под крупными рудными телами обычно понимаются подсчетные геологические блоки, которым при увязке рудных подсечений придается жилородная форма, что находит отражение на поперечных разрезах и планах (рис. 8). В рудные тела объединяются рудные подсечения разных геологических тел, полученных по смежным горным выработкам и скважинам. При этом никакие наблюдения за элементами залегания ни кварцевых тел, ни вмещающих пород не производятся. На геологических разрезах и планах вмещающие породы, а тем более элементы их залегания не показываются.

Общепринятым считается, что породы в пределах месторождения падают на северо-восток под углом 70–80°. Поэтому и рудные тела отстраиваются под этими же углами. Нами же форма кварцевых тел отстраивается с учетом элементов залегания и кварцевых тел, и вмещающих пород, а также с учетом сложного складчатого строения самих кварцевых тел, устанавливаемого по многочисленным “ксенолитам” сланцев. Отсюда такие большие разногласия в интерпретации морфологии рудных тел и рудных зон. Форма отдельных простых, небольших по размерам золотокварцевых тел месторождения зачастую обусловлена морфологией складок III и более высоких порядков. Складки высоких порядков на участках периклинального замыкания иногда

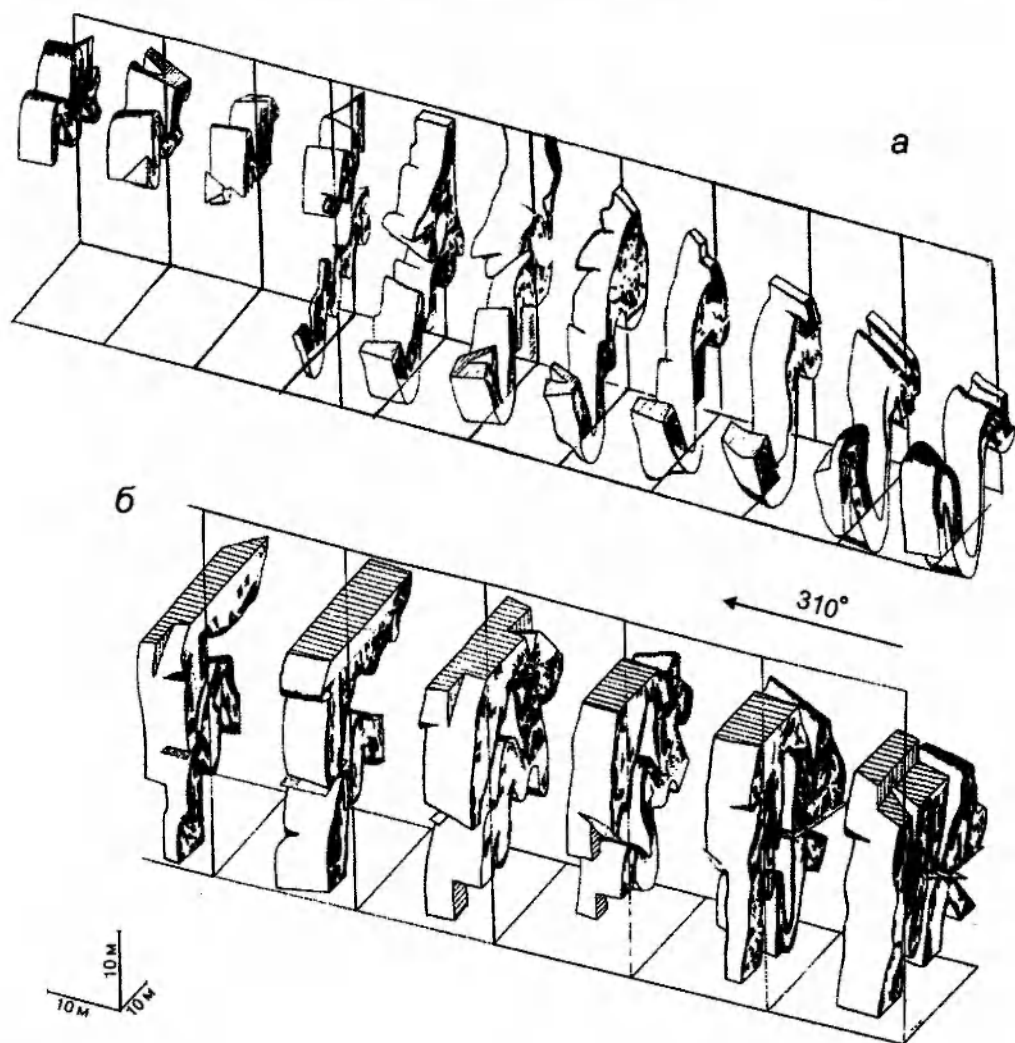


Рис. 7. Форма рудных тел Советского месторождения (черное – сланцы, белое – кварц), образованных складками II и III порядков. Аксонометрия. По В.В. Кривоборскому (1975 г.)

а – гор. 140 м, камеры 49-54; б – гор. 240 м, камеры 78-4–78-6, 80-1, 80-2

приобретают структуру “конус в конус”, в результате чего в их поперечном сечении, в забое, наблюдаются овальные или кольцевые золотокварцевые жилы, морфология которых не находила ранее объяснения. Морфология отдельных небольших по размерам золотокварцевых тел и их внутренняя структура, как правило, определяется набором причудливо изогнутых мелких жил и прожилков, нередко находящихся в частом переслаивании со сланцами (рис. 9).

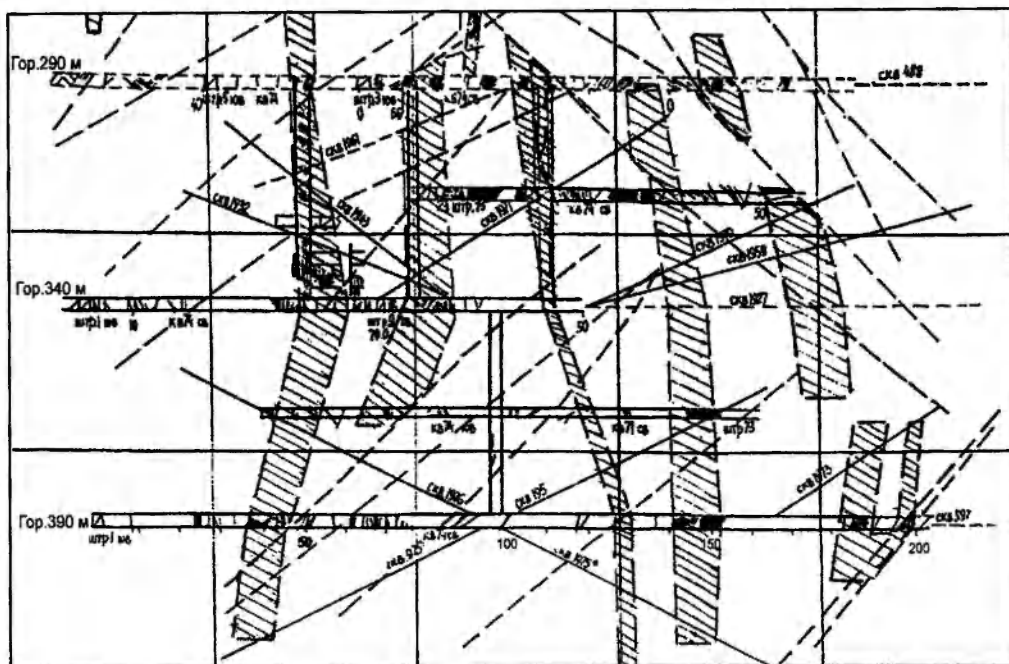


Рис. 8. Морфология и условия залегания рудных тел Советского месторождения, по данным рудничной геологической службы

Шестая рудная зона. Поперечный разрез "+23". Горизонты 290–390 м. Рудные тела показаны штриховкой. Черное – существенно кварцевые тела

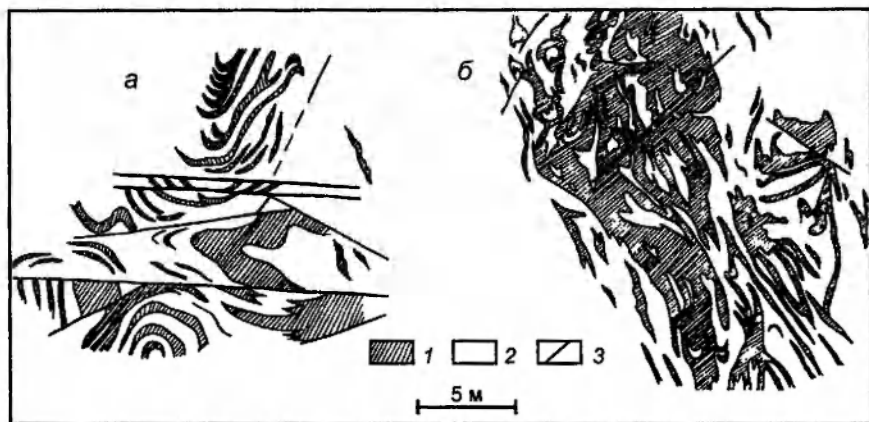


Рис. 9. Внутреннее строение сложных рудных тел Советского месторождения

Характерна тонкая перемежаемость кварца (заштриховано) и сланцев. а – северо-западная стенка камеры 84-2-2, гор. 196 м; б – юго-восточная стенка камеры 78-3, гор. 140 м. 1 – рудный кварц; 2 – вмещающие сланцы; 3 – трещины.

Эти кварцевые тела или, как их принято называть на месторождении, кварцевые жилы, из-за их небольших размеров можно наблюдать визуально в очистных и разведочных выработках. Кварц в рудных телах локализуется в трещинах отслоения, обычно выполняя замковые части складок разных порядков, нередко подобных или дисгармоничных по форме. Менее распространены кварцевые тела, локализованные в синскладчатых и позднескладчатых разрывных нарушениях и тектонических трещинах. По форме эти тела являются секущими кварцевыми жилами, хотя и несут отчетливые следы пликативных дислокаций. Обычно синскладчатые разрывные нарушения представлены трещинами скола и растяжения, образовавшимися в прослоях более компетентных пород (сланцев), визуально неотличимых от более пластичных.

По морфогенетическим признакам, ведущим типом золотоносных кварцевых тел Советского месторождения являются согласные кварцевые тела (Григоров, Филонюк, 1976), отвечающие по форме седловидным и обратноседловидным жилам (см. рис. 2–5). Нередко они состоят из набора более мелких простых или сложных по форме складчатых жил.

Согласносекущие кварцевые тела, выполняющие син- и позднескладчатые трещины скола и отрыва, чаще всего являются своеобразными “мостами” и соединяющими “перемычками” между пластовыми складчатыми жилами или их отдельными структурными элементами. Очень редко на месторождении встречаются обычные секущие кварцевые жилы плитообразной или линзообразной формы, выполняющие постскладчатые трещины и разрывы. Как правило, они сложены пострудным незолотоносным кварцем, для которого характерна ассоциация с кальцитом, в то время как продуктивный кварц ассоциирует с анкеритом.

Кварц и золото тесно связаны между собой. Сопоставление объемных моделей распределения золота и кварца, характер и особенности их размещения в пространстве обусловлены едиными структурными условиями – складчатостью (Григоров и др., 1976). И форма крупных кварцевых тел, и форма рудных концентрационных столбов – наиболее богатых по содержанию золота участков кварцевых тел, их положение в пространстве и условия залегания целиком определяются положением в пространстве складок II порядка, осложняющих крылья складок I порядка (рис. 10).

Внутреннее строение рудных концентрационных столбов определяется складками III и более высоких порядков. Концентрационные рудные столбы, выделяемые на уровне крупных промышленных кварцевых тел по изолинии содержания золота, превышающей промышленное содержание (4 г/т), пространственно тяготеют к замковым частям складок II порядка и имеют “трубообразную форму”, переходящую в местах виргации складок в своеобразную “древовидную” (см. рис. 10). Наиболее благоприятными с точки зрения концентрации золота являются замки и прилегающие части крыльев складок II, III и более высокого порядков, наиболее подверженные воздействию осложняющих факторов (микроскладчатость, трещиноватость и будинаж).

Сама складчатая форма подавляющего большинства кварцевых тел месторождения и их тесная пространственная связь со сланцами указывают на синскладчатый и

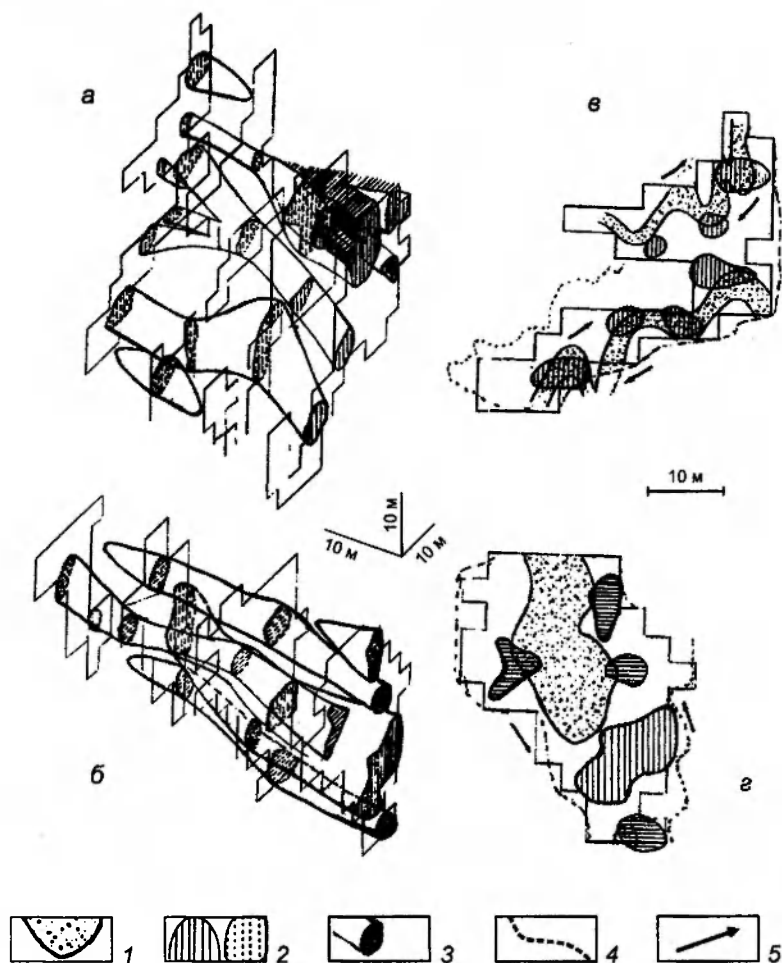


Рис. 10. Морфология концентрационных рудных столбов Советского месторождения.

По В.В. Кривоборскому (1975 г.)

а, б – аксонометрия; в, г – проекция на вертикальную поперечную плоскость (а, в – гор. 140 м, камеры 51, 52; б, г – гор. 140 м, камеры 78-2, 78-3). 1 – кварц (на проекциях); 2 – поперечные сечения рудных столбов (ориентировка штриховки для соприкасающихся рудных столбов различна); 3 – границы концентрационных рудных столбов; 4 – границы очистного пространства (на проекциях); 5 – направления сдвижения пород при складчатости

частично позднескладчатый возраст жильного кварца. Пластическая деформация кварцевых тел обратила на себя внимание многих исследователей – Н.С. Пена (1919 г.), Н.В. Петровской (1970, 1973), В.А. Богдановича (1964) и многих других, но не находила удовлетворительного объяснения с позиции гидротермального генезиса. Так, Н.В. Петровская объясняла пластическую деформацию кварца рудных тел су-

ществованием “вязких гидротермальных растворов”. Эти затруднения легко снимаются, если допустить образование кварцевых жил в процессе складчатости и регионального метаморфизма, как результат собирательной перекристаллизации (сегрегации) кварца в условиях повышения температуры и появления метаморфизирующих гидротермальных внутрипластовых растворов. В этот этап кварц был очень пластичен и нагнетался одновременно в межпластовые трещины и трещины отрыва и скола (именно поэтому отсутствуют пересечения согласных и секущих золото кварцевых тел), локализуясь преимущественно в замках складок разного порядка, как на участках, характеризующихся наименьшим давлением (плотностью) в формирующейся складчатой среде.

В завершающие этапы складчатости кварцевые тела в результате падения температуры и потери кварцем пластичности деформировались с образованием будин отрыва, вращения, трубчатых структур типа “муллион-структур” и др..

Вещественный состав и генезис рудных тел

Золото кварцевые тела Советского месторождения характеризуются простым минеральным составом, характерным для метаморфических образований. Они на 90–98% сложены кварцем (сложные рудные тела содержат многочисленные включения сланцев, составляющих до 30–40% и более). Подчиненно в кварце отмечаются железистые карбонаты. Сульфиды составляют в среднем 1–5% объема жильного вещества, хотя местами они образуют густую послойную вкрапленность, линзы и прожилки. Изредка отмечаются маломощные кварцевые жилы, содержащие до 20–30% сульфидов и характеризующиеся очень высокой золотоносностью: золото, как правило, образует видимую вкрапленность и мелкие самородки – линзочки, прожилки. Автор неоднократно наблюдал очистные забои с видимым золотом. Золото в виде линзочек и уплощенных вкраплений совместно с хлоритом и пиритом повторяет складчатый рисунок кварцевой жилы. Визуальное содержание золота в штуфах иногда достигало 8–10%. Ранее, когда месторождение отрабатывалось в пределах центральной части продуктивного горизонта, на руднике существовала специальная служба (5–7 человек), в задачи которой входило посещение забоев с видимым золотом и отбор наиболее богатых кусков кварца и даже сланцев (автор видел такой образец черного сланца, прошитый нитями золота толщиной 1–2 мм). Кварц с видимым золотом обрабатывался ранее на отдельной бегунной чаше.

О размерах обособленных выделений золота свидетельствует документация геолога Владимира Трофимовича Кругликова (середина 60-х годов, рудная зона 3), который зафиксировал субгоризонтально залегающее веретенообразное по форме выделение золота длиной более 3-х м и максимальным размером в поперечном сечении 10–12 см. Поражает, что этому факту тогда не придали какого-либо значения. Известно также, что в 1953 г. на руднике существовало два забоя с видимым золотом, около которых выставлялась охрана и из которых легко можно было в любой день набрать

3–4 кг золота. В материалах рудника имеются сведения, что в глыбе кварца с участка Сухого лога весом 25 кг содержалось 16 кг золота!

Среди сульфидов, отмечаемых в кварцевых телах месторождения, преобладают пирит и арсенопирит, подчиненную роль играют галенит, сфалерит и халькопирит. Отмечена связь золотоносности с арсенопиритом вмещающих сланцев. Сейчас руды месторождения относятся к золотокварцевому типу, а в прошлом относились к золотомышьяковистому (Бернштейн, Петровская, 1954).

Золотая минерализация наложена на кварцевые тела после сульфидов региональной стадии метаморфизма, но до образования более молодых сульфидов – галенита и сфалерита, спорадически развитых по стенкам трещин кливажа, расчленяющих рудные тела в юго-восточной части месторождения и связываемых с гидротермами более молодого мезозойского магматизма, продуцирующими в районе полиметаллическое оруденение.

В образовании кварцевых тел Советского месторождения наряду со складчатостью (Григоров, 1985) определенную роль играли гидротермальные процессы, которые нами связываются с региональным метаморфизмом. Процессы складчатости и метаморфизма были синхронны (Буряк, Григоров, 1982; Буряк, Летников, 1968; Григоров, 1983). На это указывают форма и внутреннее строение кварцевых тел, одинаковая температура образования кварца и преобразования вмещающих пород, а также тесная связь состава сульфидов вмещающих пород и кварцевых жил (Григоров, 1985; Григоров, Филонюк, 1974_{а,б}).

Каламинский массив, с которым часто связывают золотое оруденение, по последним данным относится к параавтохтонным натрий-калиевым лейкократовым палингенным гранитам позднепротерозойского (возраст 850 ± 50 млн. лет) Татарско-Аяхтинского комплекса (Волобуев и др., 1976). Для него установлен отчетливый европиевый минимум и незначительное количество р.з.э., что говорит о малом объеме остаточного расплава, незначительно обогащенного флюидом (Ножкин и др., 1989). Массив не золотоносен: породы рамы содержат более высокие концентрации Au, чем граниты (Петров, 1977).

Возраст оруденения Советского месторождения, по данным изотопного анализа свинца галенитов из золотосодержащих кварцевых тел, составляет 900 ± 100 млн. лет (Волобуев, 1967). Возраст вмещающих пород по радиологическим данным по глаукониту 1220–1280 млн. лет. Возраст регионального метаморфизма, отвечающего становлению гранито-гнейсовых куполов – 850 ± 50 млн. лет. Возраст перемещенных постскладчатых гранитов Аяхтинского массива района месторождения (600–750 млн. лет) и близок возрасту хлоритов – 570 млн. лет (Волобуев и др., 1973, 1976, 1980) из так называемых “околожилных измененных пород” (Геология..., 1985). Хлориты – новообразования, результат воздействия наложенных гидротермальных растворов, связанных с внедрением гранитов. По термодинамическим характеристикам хлоритов устанавливается два пика температурного воздействия на породы месторождения: 700–800°C (эндотермический эффект) и 500–600°C (экзотермический эффект).

Проведенные на наших материалах геохимические исследования установили отчетливую связь концентрации золотого оруденения с показателями интенсивно-

сти метаморфических процессов, регулирующих перераспределение золота и других химических элементов во вмещающих породах и в самих кварцевых телах (Шиманский и др., 1973). В однородных в структурном отношении участках рудного поля (крылья или замки складок I порядка) золото достаточно хорошо коррелируется с величиной отношения сумм рудных элементов (Pb, Cu, As, Zn) к петрогенным (Ti, V, Cr, Mn). Данное отношение, в сущности, отражает интенсивность процесса рудообразования, а поскольку этот процесс управлялся складчатостью и связанным с нею метаморфизмом, то оно может служить показателем интенсивности и метаморфических процессов и, как следствие, показателем интенсивности перераспределения химических элементов.

В пределах рудного поля месторождения какая-либо вертикальная минералогическая или геохимическая зональность не установлена, что является одной из его особенностей. А.А. Пузанов – специалист в области геохимии рудных месторождений Енисейского кряжа, специально изучавший характер распределения элементов-спутников золота в пределах VI рудной зоны (Пузанов, 1985), пришел к выводу об эшелонированном распределении так называемых выделяемых им “над- и подрудных ореолов” (Каюкин, Пузанов, 1980) по отношению к золото кварцевым телам, т.е. к факту наличия первоначальной стратиграфической и отсутствия вертикальной геохимической зональности, неизбежной при наличии восходящих вертикальных гидротермальных колон (Григорян, 1973).

Температура образования продуктивного жильного кварца и сульфидов, участвующих в строении рудных тел месторождения, по данным В.А. Богдановича (1967), подтвержденными более поздними исследованиями (Злобин и др., 1976, 1979; Зозуленко, Злобин, 1974), отвечала интервалу 250–320°C и не превышала температурного интервала хлорит-серицитовой субфации зеленосланцевой фации метаморфизма вмещающих пород.

Изучение температурной характеристики рудного поля Советского месторождения, проведенного работниками ЦНИГИРИ в пределах VI рудной зоны, показало соответствие температурной карты и общей складчатой структуры месторождения: общее склонение температурной зоны совпадает со склонением установленной складчатой структуры, тепловое поле полого погружается в юго-восточном направлении под углом 15–20°.

Генетическим источником жильного кварца, как полагают отдельные исследователи и автор (Петров, 1974; Филонюк, Григоров, 1976 г.), являются вмещающие породы, что подтверждается фактом отчетливого увеличения содержания оксида кремния в них по мере удаления от рудных тел (табл. 1). Причиной десиликации вмещающих пород у контактов с кварцевыми телами и концентрации кварца с образованием обособленных кварцевых тел являются, на наш взгляд, складчатость и сопутствующий ей метаморфизм, создавшие термодинамическую неоднородность среды в процессе ее деформации.

В отличие от представлений В.Г. Петрова (1969, 1974), предложившего и обосновавшего “тектоногенную гипотезу” образования золотоносных кварцевых жил Советского месторождения путем миграции кремнезема в тектонические трещины в

Таблица 1. Околожильные изменения пород Советского месторождения в процессе рудогенеза

Оксиды	Расстояние до жильного тела, м							
	5–10	4	3	2	1	0,3	0,1	0,0
SiO ₂	57,42	57,28	57,87	58,15	53,43	54,92	48,96	46,01
TiO ₂	1,07	1,13	1,08	1,17	1,08	1,05	1,17	1,28
Al ₂ O ₃	21,18	21,12	21,36	21,38	24,00	21,23	25,79	28,14
Fe ₂ O ₃	1,64	1,64	1,71	1,50	2,13	1,55	2,02	2,81
FeO	7,14	7,52	6,40	6,58	5,55	7,10	6,22	4,91
MnO	0,12	0,13	0,10	0,10	0,10	0,14	0,10	0,14
MgO	1,42	1,51	1,40	1,46	1,33	1,46	1,52	1,39
CaO	0,34	0,22	0,21	0,30	0,36	0,36	0,44	0,51
Na ₂ O	1,14	0,68	0,55	0,53	0,66	0,81	0,52	0,58
K ₂ O	4,06	4,37	4,42	4,90	5,32	4,89	6,14	7,14
H ₂ O	—	2,89	3,04	2,75	2,92	3,00	3,89	3,32
P ₂ O ₅	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,10	0,08	0,08
п.п.п.	2,91	4,54	3,90	4,06	4,13	4,24	4,81	5,51
S	0,60	0,63	0,75	0,51	1,07	1,11	1,02	1,34
F	0,017	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11
Cl	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Сумма	100,21	103,9	103,01	104,33	102,31	102,11	102,82	103,32

Аналитическая служба Иргиредмета, 1975 г.

постскладчатый этап развития рудного поля, автор увязывает этот процесс со складчатостью. Об этом свидетельствует морфология, внутреннее складчатое строение рудных кварцевых тел и реологические свойства кварца рудных тел в период образования последних. Данные представления подтверждаются экспериментальными исследованиями и наблюдениями в соседних районах со схожими геологическими условиями (Ермолаев и др., 1981; Злобин и др., 1979; Коваль, Самсонов, 1994; Коновалов, 1977, 1985).

Наиболее вероятным источником золотого оруденения Советского месторождения являются вмещающие филлитовидные сланцы. Известный специалист в области рудообразования Е.С. Кучин (2001) считает вмещающие породы универсальным источником рудного вещества. В.А. Богданович подразделил сланцы Советского месторождения, обычно относимые к удерейской свите, на три горизонта (по Богдановичу – “толщи”), снизу вверх: 1) филлиты, 2) зеленые сланцы и 3) филлиты II. Нижняя толща филлитов подразделяется на три пачки: слоистых филлитов, неяснослоистых филлитов и слоистых алевроитовых филлитов, общей мощностью 1100–1400 м. В центральной вскрытой части месторождения отмечаются только филлиты первого горизонта. Детальное изучение керна глубокой скважины №581 ниже гор. 390 м проведено О.И. Шохиной. По ее данным, вскрытые скважиной филлиты относятся к нижеудерейской подсвите; констатируется их постепенный переход к зеленово-серым сланцам горбилкокской свиты. Нижние горизонты удерейской свиты представлены кварц-серицит-хлоритовыми и кварц-хлорит-серицитовыми филлитами. Средний минералогический состав пород: хлорит и серицит – 60–75%, микрозернистый кварц и альбит – 20–25%. Породы содержат углистое вещество. Среднее содержание углерода по данным люминисцентно-битуинологического анализа (на интервале от 2 до 62 м) составляет 0,18% (9 опр.) при колебаниях от 0,03 до 0,38% (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав филлитов удерейской свиты по скважине 581

Оксиды	ПР. 1	ПР. 15	ПР. 55
SiO ₂	61,50	57,92	58,56
TiO ₂	0,99	1,07	0,90
Al ₂ O ₃	18,15	20,94	19,95
Fe ₂ O ₃	2,39	1,05	2,19
FeO	6,75	6,61	7,11
MnO	0,12	0,13	0,16
CaO	0,13	0,69	0,27
MgO	1,80	1,70	1,80
Na ₂ O	1,57	1,31	1,31
K ₂ O	3,00	3,64	3,50
P ₂ O ₅	0,06	0,49	0,08
H ₂ O	2,70	2,98	2,82
CO ₂	0,03	0,05	0,05
п.п.п	3,93	4,51	4,20
Сумма	100,39	100,06	100,03

Проба 1 – инт. 2 м, проба 15 – инт. 33 м, проба 55 – инт. 93 м.

Анализы выполнены в лаборатории КГУ.

Породы удерейской свиты характеризуются очень высокими содержаниями золота (Петров, 1972, 1976, 1977). По данным рудничной службы, среднее содержание золота во вмещающей сланцевой толще самого месторождения составляет 0,3–0,4 г/т, что на два порядка превышает его концентрацию в породах свиты. Содержание золота в сланцах в пределах выделенного нами продуктивного горизонта еще выше, и по данным опробования околожальбандовых участков рудных тел месторождения, проведенного геологической службой рудника, составляет 0,6–1,1 г/т. Эту точку зрения на источник золота разделяют многие исследователи золотоносности Енисейского кряжа (Злобин и др., 1976; Миронов, Ножкин, 1978; Петров, 1972, 1976; и др.), а также исследователи аналогичных месторождений других районов (Бадалов, 1970; Бендик, 1970; Буряк, 1973, 1975, 1982; Буряк и др., 1988; Коткин, 1973; и многие другие).

Высокие концентрации золота вмещающих пород месторождения, очевидно, явились результатом гидротермально-фумарольной деятельности, сопровождавшей основной вулканизм, проявившийся в период накопления осадков (Корнев, 1986). Зафиксировано наличие вулканического материала в сланцах в пределах рудного поля, правда, относимых к породам горбилкокской свиты (Ли, Шохина, 1974). Автором к ортосланцам отнесен горизонт “зеленых сланцев”, единственный маркирующий горизонт на месторождении, установленный Е.А. Рыцком и зафиксированный только в пределах Северо-Западного тектонического блока. На завершающих стадиях вулканической деятельности, возможно, имел место и кислый вулканизм, сопровождающийся золотым оруденением, как это было нами установлено на Балейском (Опытно-эксплуатационный карьер, работы Иргиредмета, 1989 г.) и Куранахском (золотоносные игнимбриты, рудное тело 8, 1988 г.) рудных полях и в пределах Восточной Монголии (Григоров, 1982).

В.А. Станников (ВостСибНИИГИМС, 1976 г.) допускает накопление кластогенного золота, т.к., по его исследованиям, вмещающие сланцы Советского месторождения аналогичны вмещающим породам месторождения Мурунтау и формировались в

условиях образования кор выветривания. Не исключено, что имели место разные процессы накопления золота.

ВЫВОДЫ

Названные выше факты – пространственная и временная связь золото-кварцевых тел с процессами складчатости, сопряженными во времени с региональным метаморфизмом, и прямая связь золотой минерализации с процессами перераспределения рудных и петрогенных элементов в пределах вмещающих пород в период метаморфизма позволяют отнести Советское месторождение к метаморфогенно-гидротермальному типу. А установление четкого литолого-стратиграфического контроля и приуроченности оруденения в пределах месторождения к продуктивному горизонту позволяет считать месторождение стратиформным или стратиформным метаморфогенным.

Аналогами Советского месторождения, по В.И. Лобачу (1976 г.), являются многие известные за рубежом золоторудные месторождения: Поркьюпайн, Керкленд Лейк, Малартик, Джайнт Йеллоунайф (Онтарио, Канада), Блек Хилс (Хоумстейк), Джуно (соответственно Южная Дакота и Аляска, США), Коллар (Индия) и Бендиго (Австралия). Автор полностью разделяет это мнение, особенно подчеркивая структурную аналогию с месторождением Хоумстейк, при этом считает, что все указанные месторождения являются стратиформными, т.е. рудные тела месторождений залегают в пределах продуктивных горизонтов, обычно называемых рифами, а их пространственное положение и морфология определяются складчатостью; образование рудных тел не связано с магматогенно-гидротермальной деятельностью (Dunn, 1924, 1929; Emmons, 1937; Geology..., 1953; Narayanaswati et al., 1960; Nobl, 1950; Structural geology..., 1948).

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ПРЕДСТАВИТЕЛЯ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КРЕМНИСТО-КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Олимпиадинское месторождение по масштабам оруденения в период разведки рассматривалось как конкурент на предмет первоочередного освоения с месторождением Сухой Лог. В настоящее время оно интенсивно разрабатывается, и годовая добыча на нем достигла 17 т золота, т.е. оно сейчас рассматривается как самое крупное по запасам месторождение Енисейского кряжа.

Первооткрывателями Олимпиадинского месторождения являются Лонгин Васильевич Ли и Анатолий Яковлевич Курилин. Разведка месторождения проводилась под руководством Вероники Ивановны Арефьевой и Владимира Анатольевича Лопатина. Разрабатывается Олимпиадинское месторождение ЗАО "Золоторудной компанией "Полус". Генеральный директор Совмен Хазрет Метжидович.

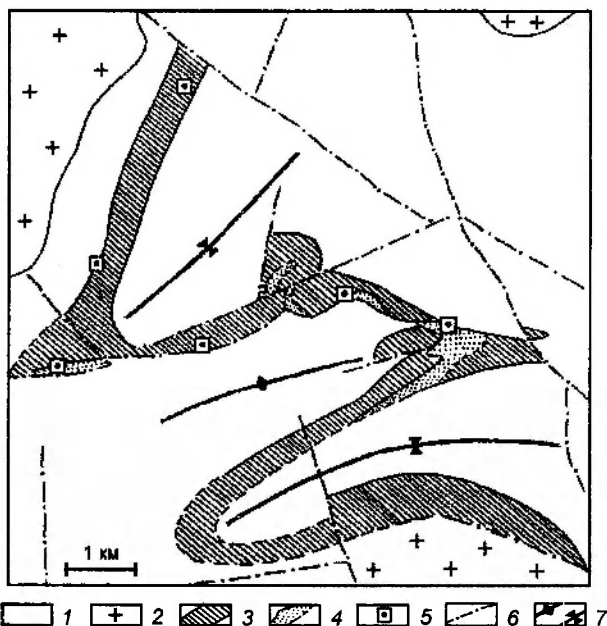
Олимпиадинское золоторудное месторождение расположено в северной части Енисейского кряжа в пределах Верхне-Енашиминского рудного района в верхнем течении рек Теи, Енашимо и Чиримбы, в 90 км к юго-западу от Советского месторождения. В геологическом строении месторождения и его района широкое развитие принимают осадочно-метаморфические породы, относимые к кординской и горбилоской свитам нижней части разреза верхнепротерозойской сухопитской серии, прорванными протерозойскими гранито-гнейсами Тейского и гранитоидами Татарско-Аяхтинского интрузивных комплексов.

Непосредственно на площади месторождения развиты метаморфизованные осадочные отложения, относимые к среднекординской подсвите и представленные кварц-сланцевыми, кварц-карбонатно-сланцевыми и кварц-графитистыми сланцами с прослоями мраморизованных известняков и кварцитов, образующими сложные складки, осложненные разрывными нарушениями незначительной амплитуды.

Все известные в районе золоторудные месторождения и проявления, как и рудные тела самого Олимпиадинского месторождения, приурочены к одному продуктивному горизонту карбонатных и кремнисто-карбонатных пород (мраморизованных известняков). Продуктивный горизонт является маркирующим за счет своей светлой окраски (рис. 11) и залегает между перекрывающими черными и темно-серыми кварц-

Рис. 11. Схематическая геологическая карта района Олимпиадинского месторождения, демонстрирующая литолого-стратиграфический контроль промышленного золотого оруденения. По материалам Олимпиадинской ГРП (1983 г.)

1 – осадочно-метаморфические породы; 2 – граниты и гнейсо-граниты; 3 – продуктивный горизонт; 4 – вторичные коры выветривания; 5 – месторождения и рудопроявления; 6 – разрывные нарушения; 7 – направления погружения осей складок



графитистыми сланцами и подстилающими серыми кварц-слюдистыми и слюдисто-кварц-карбонатными сланцами.

Собственно рудные тела Олимпиадинского месторождения представлены метасоматитами различного состава (от кварцитов до слюдитов, иногда с цоизитом и клиноцоизитом), развитыми по карбонатным и кремнисто-карбонатным породам продуктивного горизонта.

В пределах месторождения и в районе пользуются развитием линейные коры выветривания, представленные рыхлыми или слабо сцементированными алеврито-глинистыми и алеврито-песчанистыми образованиями предположительно мезо-кайнозойского возраста, развивающимися по первичным рудам и породам. Именно с корами выветривания связаны наиболее высококачественные золотые руды.

Главными структурными элементами района Олимпиадинского месторождения являются три сопряженные складки северо-восточного простирания, установленными при картировании по расположению маркирующего горизонта, а также крупные разломы северо-западного и северо-восточного простираний. Непосредственно в районе месторождения отложения горбилонской свиты контактируют с породами кординской свиты по разлому северо-западного простирания, которому по геофизическим данным придается региональный характер.

Средняя из названных трех складок – Медвежинская антиклиналь, которая является главной рудоконтролирующей структурой месторождения, определяющей положение всех его рудных тел. Рудные тела Олимпиадинского месторождения располагаются в северном крыле и в замке антиклинали.

В северном крыле структуры расположено три относительно небольших рудных тела (№№ 1–3), приуроченных к замкам и крыльям осложняющих складок. Самое крупное рудное тело Олимпиадинского месторождения № 4, определяющее экономическую значимость месторождения и содержащее более 90% его запасов, располагается в замке и в призмковой части Медвеженской антиклинали (см. рис.11).

Известны еще четыре рудопоявления золота, которые залегают в замке и крыльях Иннокентьевской синклинали, расположенной севернее Медвеженской антиклинали и смежной с ней. Таким образом, все без исключения рудопоявления золота района месторождения и само Олимпиадинское месторождение, представленное двумя разобщенными участками развития рудных тел, залегают в пределах одного продуктивного и одновременно маркирующего горизонта. Налицо факт стратиграфического и литологического контроля золотого оруденения.

Другой структурный фактор контроля оруденения – складчатый. Все известные разведанные тела Олимпиадинского месторождения и его района залегают в замках складок, при этом самое крупное рудное тело № 4 залегает в замке самой крупной структуры рудного поля – в замке Медвеженской антиклинали.

Этот факт, установленный при разведке месторождения, позднее был игнорирован, и рудное тело № 4 было “помещено” на пересечение двух пересекающихся под острым углом разломов (в плане образующих лежачую букву “х”), которые провели по крыльям антиклинали. Малоамплитудный разлом, осложняющий северное крыло Медвеженской антиклинали в призмковой части, действительно установлен, но он

ни в коей мере не определяет положение рудного тела № 4. Таким образом, крутое склонение рудного тела № 4 к востоку было объяснено не крутым погружением шарнира складки, а линией пересечения двух плоскостей разломов; при этом само положение Медвеженской антиклинали, устанавливаемой по наличию светлого на фоне черных филлитов маркирующего горизонта, не оспаривается, приуроченность рудного тела № 4 к замку Медвеженской антиклинали не отрицается, но определяющее положение отводится разрывной тектонике (Генкин и др., 1994).

СТРУКТУРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Структура рудного поля Олимпиадинского месторождения неоднородна. Рудное поле представлено двумя разобщенными участками, получившими название Западного и Восточного (Правобережного), расстояние между которыми 2–2,5 км. На Западном участке расположено три относительно небольших по запасам рудных тела № 1, 2 и 3, на Восточном участке – одно, самое крупное рудное тело № 4, заключающее 90% запасов руд месторождения. Как уже отмечалось, все они залегают в пределах одного продуктивного горизонта.

Западный участок характеризуется развитием преимущественно первичных руд, залегающих в крыльях и замках пологих складок, осложняющих северное крыло Медвеженской антиклинали. Это преимущественно слюдисто-карбонатно-кварцевые породы, подчиненно кристаллические известняки и метасоматические кварциты (первично кремнисто-карбонатные осадки с фациальными переходами к крайним разновидностям – карбонатам и кремням), залегающие на контакте с черными кварцево-углеродистыми сланцами и содержащие рассеянную вкрапленность сульфидов. Окисленные руды коры выветривания пользуются сравнительно небольшим распространением. Среднее содержание золота в рудных телах Западного участка колеблется от 2,5 до 7–8 г/т.

На Восточном (Правобережном) участке месторождения широко развиты окисленные руды линейной коры выветривания. Это рыхлые или слабо сцементированные (легко раздавливаются от нажима пальцев) глинисто-алеврито-песчанистые образования, несущие следы первичной сланцевато-полосчатой текстуры пород, содержащие значительные концентрации золота (от 6 г/т до 12 и более). Окисленные руды коры выветривания на этом участке распространяются на глубину до 200–300 м и резко переходят в первичные. Совокупность окисленных и первичных руд образуют единое крупное рудное тело № 4, структурно контролируемое положением замка и круто погружающегося на восток шарнира Медвеженской антиклинальной складки (см. рис. 11).

Наряду со складчатыми структурами определенную роль в размещении золотого оруденения Олимпиадинского месторождения, как первичных, так и окисленных руд коры выветривания, играют разрывные нарушения различного характера и особенно межпластовые зоны рассланцевания, подвижек, трещиноватости и отслаивания,

преимущественно развитые в замках складок и вдоль контакта кварцево-углеродистых сланцев и слюдисто-карбонатно-кварцевых пород. С возникновением нарушений этого типа связывают образование линейных кор выветривания. Отмечаются также согласно-секущие зоны разломов северо-восточного простирания, совпадающие с простиранием крыльев складок, но секущие их шарнирные части; по нашим наблюдениям, по возрасту они отвечают позднескладчатым структурам.

К пострудным нарушениям относятся секущие разломы субширотного и северо-западного простирания, выделяемые по геологическим и геофизическим данным и носящие характер региональных разломов. По одному из них, как отмечалось выше, контактируют породы горбилокской и кординской свит. Литология свит довольно схожа и не всегда их можно отличить друг от друга.

Таким образом, главной структурной особенностью Олимпиадинского месторождения, несомненно, является расположение всех четырех известных рудных тел месторождения в пределах одного продуктивного горизонта карбонатных и кремнисто-карбонатных пород, а в структурном плане – к шарнирным частям и замкам складок разного порядка, при этом размер рудных тел определяется размером складок. Рудные тела № 1–3 залегают в складках третьего порядка, осложняющих северное крыло Медвеженской антиклинали, и по своим масштабам резко уступают рудному телу № 4, залегающему в замке Медвеженской антиклинали – складки второго порядка.

Геологическая характеристика рудных тел Западного участка

Для продуктивного горизонта Западного участка, слагающего северное крыло Медвеженской антиклинали, как и для пород рудного поля в целом, характерна дисгармоничная складчатость, которая сильно усложняет условия залегания пород и руд. Наличие осложняющих деформаций определяет пластообразную и седловидную в плане форму рудных тел.

Рудное тело №1 расположено в призмковых частях полого лежащей складки волочения, осложняющей северное крыло Медвеженской антиклинали. Рудное тело, как и складка, простирается в субширотном направлении. Это сложная складчатая залежь. Ее форма определяется морфологией замка полого залегающей запрокинутой складки с подвернутыми и северным и южным крыльями. В горизонтальном сечении форма тела седловидная, в вертикальном поперечном разрезе – асимметричная лежащая S-образная (рис. 12). Длина рудного тела – 1000 м, ширина (в направлении падения) – 200 м, мощность колеблется от 10 до 60 м, увеличиваясь на участках ундуляции шарнира складки.

Рудное тело № 2 кулисообразно примыкает к подвернутому лежащему крылу складки, контролирующей положение рудного тела № 1. Оно залегает в базальных слоях кремнисто-карбонатной пачки у ее контакта с подстилающими слюдисто-кварцевыми сланцами и также подчиняется четкому литолого-стратиграфическому контролю. Автор непосредственно наблюдал контакт рудного тела с подстилающими породами, вскрытыми разведочной штольной. Рудное тело, видимо, приурочено к флек-

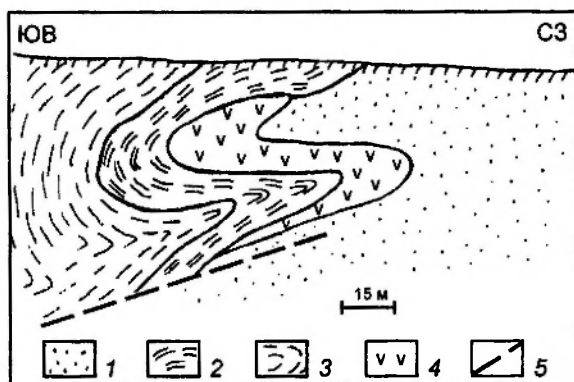


Рис. 12. Олимпиадинское месторождение. Форма рудного тела № 1.

Поперечный разрез. По материалам ГРП (1983 г.)

1 – верхняя толща (кварц-графитистые сланцы); 2 – продуктивный горизонт (кремнисто-карбонатные породы); 3 – нижняя толща (кварц-слюдистые и слюдисто-кварц-карбонатные сланцы); 4 – рудное тело; 5 – предполагаемый разлом

сурному изгибу слоев, т.к. склоняется в восток-юго-восточном направлении под углом 30° , строго в соответствии с положением шарниров складок волочения, осложняющих северное крыло Медвеженской антиклинали. Длина рудного тела в направлении склонения – 400 м, ширина (в направлении падения) – 50–100 м, мощность изменяется от 2 до 15–17 м.

Рудное тело № 3, подобно рудному телу № 1, расположено в призмковой части пологолежачей складки, шарнир которой склоняется в восточном направлении под углом $20\text{--}25^\circ$. В горизонтальном срезе форма тела седловидная. Его длина 500 м, ширина 50–60 м, средняя мощность 20–23 м.

Средние содержания золота в рудном теле № 1 равны 3,0–5,0 г/т, в рудном теле № 2 – 7,0–8,0 г/т и в рудном теле № 3 – 2,5–3,0 г/т. Максимальные значения содержания по первому и третьему телам достигают 30 г/т, по второму – до 70 г/т.

Геологическая характеристика рудного тела № 4

Главную промышленную ценность Западного участка, как и всего месторождения, представляет рудное тело № 4. Оно содержит основное количество запасов золота и заслуживает особого внимания.

Рудное тело № 4 разрабатывается с 1985 г. предприятиями ВПО “Союззолото” Минцветмета, с года защиты запасов в ГКЗ, при этом проектирование и строительство карьера начались до защиты. Этот единственный случай такого быстрого ввода золоторудного месторождения в эксплуатацию в нашей стране объясняется тем, что по данным предварительной разведки, проведенной Красноярским геологическим управлением Мингео, оно считалось не меньшим по запасам, чем месторождение

Сухой Лог, но гораздо богаче по содержанию. Автор принимал непосредственное участие в обобщении геологических материалов по месторождению на стадии завершения детальной разведки, которые были использованы при проектировании опытно-промышленного карьера по разработке окисленных руд, а также в определении параметров эксплуатационной разведки месторождения.

Хотя месторождение и эксплуатируется, но, по мнению автора, оно недоразведано: не изучены нижняя часть рудного тела № 4 и его возможное продолжение в восточном направлении – направлении склонения. В силу сказанного характеристика рудного тела № 4 будет приведена только для верхней части рудного тела.

Рудное тело № 4 с поверхности и до средней глубины 120–140 м сложено окисленными рудами коры выветривания, которые то постепенно, то резко переходят в коренные образования. Кора выветривания в пределах рудного тела – это рыхлые (на более нижних горизонтах слабо сцементированные) глинисто-песчанисто-алевритистые породы, сложенные кварцевыми, слюдистыми, глинистыми минералами, гидроокислами железа и марганца. Ее мощность очень непостоянная и колеблется от 120 до 300 м.

Рудное тело в пределах разведанной части (по промышленному контуру) имеет трубообразную форму с диаметром около 250 м. Оно круто под углом 60–70° погружается в восточном направлении. Границы промышленного рудного тела и геологического не совпадают, хотя и близки. В целом промышленное рудное тело лежит внутри геологического и лишь на отдельных участках выходит за его пределы, что объясняется выносом золота из коры выветривания напорными подземными водами, несущими мелкие частицы и воднорастворимое золото.

Геологическая форма рудного тела № 4 (рис. 13) определяется геологическими границами слагающих его карбонатных пород и развитых по ним кор выветривания, заключенных между подстилающими кварц-слюдистыми и кварц-карбонат-слюдистыми и перекрывающими черными кварц-графитистыми сланцами, а также его положением в замке запрокинутой на север Медвеженской антиклинали, шарнир которой круто под углом 60–70° погружается к востоку. Промышленное оруденение сосредоточено не только в замке, но и в южном крутопадающем крыле складки. В северном запрокинутом крыле антиклинали оно редуцировано по сравнению с южным и отмечается только в призмковой части складки. В распределении оруденения в рудном теле №4 отмечается полная аналогия с Советским месторождением, на котором нередко промышленное оруденение локализовано в юго-восточных крыльях и замках складок второго порядка и отсутствует в северо-западных крыльях этих же складок, или наоборот: асимметрия строения рудных тел обусловлена разным положением осевых поверхностей рудовмещающих складок.

Морфологические особенности строения рудного тела изучались по характеру изменчивости содержаний золота. Эти исследования проводил В.В. Кривоборский. Изучение распределения содержаний золота проведено по сети 50×50×40 м на девяти горизонтальных разрезах, что позволило установить наличие в пределах рудного тела № 4 рудных столбов (названных в отличие от главного рудного тела № 4 рядовыми), описываемых изоконцентратой в 10 г/т (рис. 14).

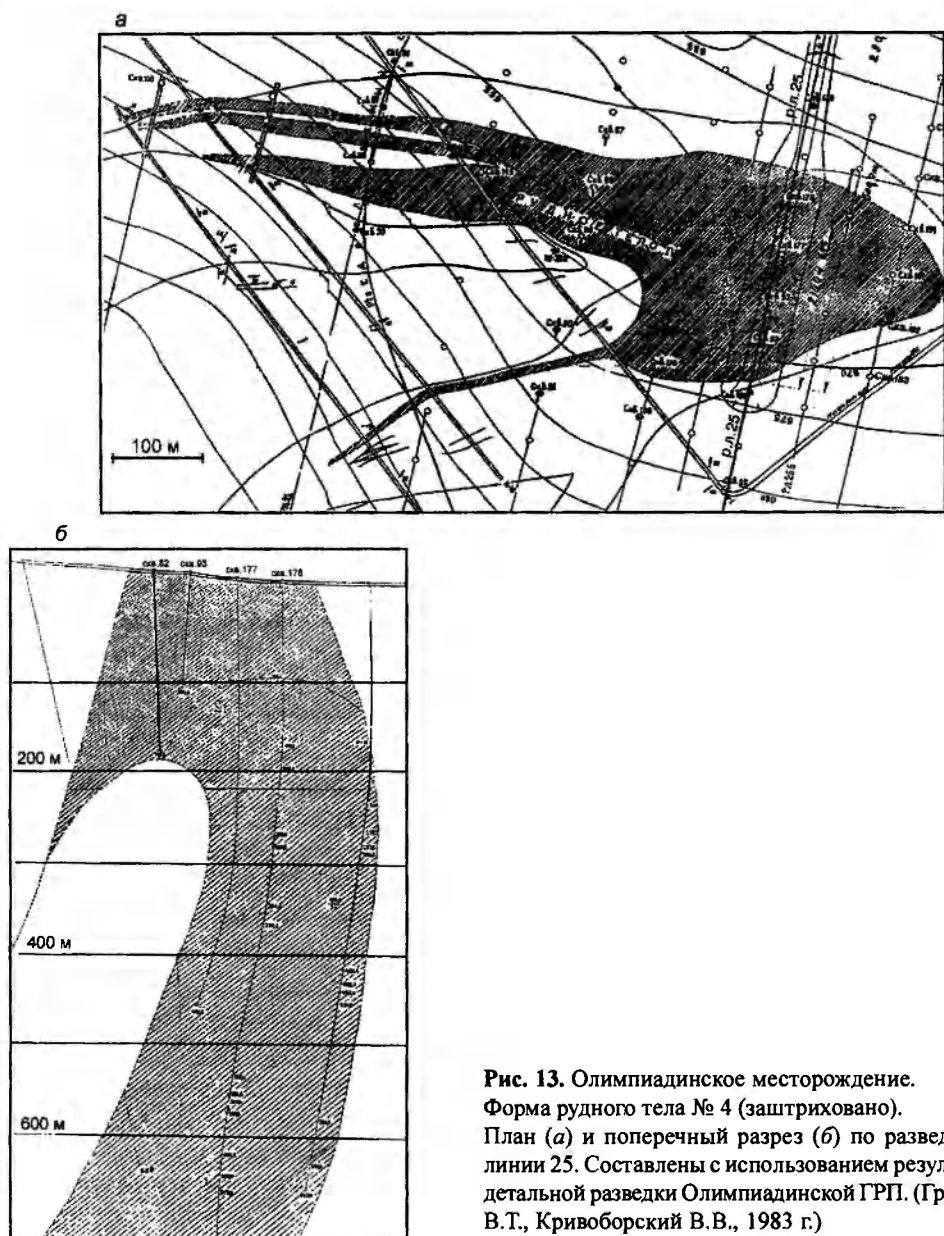


Рис. 13. Олимпиадинское месторождение. Форма рудного тела № 4 (заштриховано). План (а) и поперечный разрез (б) по разведочной линии 25. Составлены с использованием результатов детальной разведки Олимпиадинской ГРП. (Григоров В.Т., Кривоборский В.В., 1983 г.)

По морфологии рудные столбы приближаются к крутозалегающим изогнутым вытянутым и уплощенным линзам, чередующимся с уплощенными линзовидными телами более бедных руд. В пространстве линзы богатых руд располагаются в южной (юго-восточной) и в центральной частях рудного тела № 4 и отсутствуют в север-



Рис. 14. Олимпиадинское месторождение. Рудное тело № 4

Распределение концентрационных рудных столбов (заштриховано). По В.В. Кривоборскому (Григоров В.Т., Кривоборский В.В., 1985 г.). *а* – план, *б* – поперечный разрез по линии А–Б

ной части, что хорошо увязывается с установленными особенностями положения крыльев и замка Медвеженской антиклинали. Характер распределения рядовых рудных столбов указывает на наличие разрывного нарушения небольшой амплитуды, проходящего вдоль оси складки.

Минералогическая характеристика руд

Первичные руды Олимпиадинского месторождения представлены массивными и сланцеватыми породами слюдисто-кварц-карбонатного переменного состава с повышенным (до 1%) содержанием углеродистого вещества, в той или иной степени гидротермально измененными (хлоритизация, мусковитизация и окварцевание) и содержащими сульфиды: пирротин, арсенопирит, антимонит и пирит.

Минеральный состав руд месторождения варьирует в широких пределах от преобладающих полиминеральных агрегатов: кварца, серицита, биотита, мусковита, амфибола, цоизита, до мономинеральных – кварца или кальцита, через промежуточные разности биминеральных ассоциаций кварца и кальцита. По содержанию сульфидов (исследования Иргиредмета и Олимпиадинской ГРП) выделяется два основных типа первичных руд: главный пирротин-арсенопиритовый с примесью антимонита и пирита, и второстепенный – существенно антимонитовый с подчиненным

содержанием других минералов. Общее содержание сульфидов в рудах колеблется от 2 до 12%, составляя в среднем 4–6%.

Устанавливаются пять парагенетических рудных минералогических ассоциаций, образовавшихся, по-видимому, на разных стадиях формирования рудовмещающих структур. I ассоциация дорудная – сфалерит-халькопирит-пирротиновая. Минералы ассоциации распространены не только в пределах рудного интервала, но и в прилегающих вмещающих породах и в том числе в углеродистых и хлоритоидных сланцах верхней надрудной толщи, и в меньшей мере в кварц-слюдистых породах нижней подрудной толщи. II ассоциация – ранняя допродуктивная, представлена пиритом и арсенопиритом, практически незолотоносная. Особенно она проявлена на рудопрооявлениях Тырада и Оленьем, расположенных к западу от Олимпиадинского месторождения, в кварц-слюдистых сланцах подрудной толщи. III ранняя предрудная ассоциация: арсенопирит с тонкодисперсным золотом. Ее называют еще золотоносной тонкожилной, арсенопиритовой. IV ассоциация межпродуктивная, пиритовая, проявлена неравномерно как в рудном интервале, так и за его пределами. V поздняя продуктивная золото-антимонитовая ассоциация. Для нее характерно относительно крупное золото, хотя в целом в месторождении преобладает тонкое золото. Именно эта особенность наводит на мысль об аналогии Олимпиадинского месторождения с месторождением Карлин (США), также залегающего в карбонатных (кремнисто-карбонатных) породах (Radtke, Scheiner, 1970).

Рудные минералы в пределах рудных горизонтов устойчиво золотоносны. Высокое содержание золота установлено для широко развитого в рудах тонкоиглольчатого арсенопирита: от первых десятков до 1500–1800 г/т при среднем 100–200 г/т. Особенно высокое содержание золота отмечено в арсенопиритах из массивных серых слюдисто-карбонатно-кварцевых пород, слагающих основную часть рудного интервала по профилю 27. Содержание золотоносного арсенопирита в рудах варьирует от 0,1 до 1% при среднем содержании первые десятые доли процента. Именно тонкоиглольчатый золотоносный арсенопирит является причиной высокой упорности руд Олимпиадинского месторождения при их переработке, цианировании.

Содержания золота в пирротинах и пиритах низкие, как правило, не более 30 г/т при наиболее распространенных значениях менее 10 г/т. Также низкие содержания золота в антимоните.

Руды коры выветривания, развитые по первичным рудам, представляют собой алевритовые и алевропелитовые образования, содержащие включения сильно выветрелых пород, размером 2–5 см в поперечнике и в количестве от 2 до 5–6%, редко до 30–40%. Глинистый материал в среднем составляет 3–10% объема, иногда достигая 17–18%. В корях выветривания, развитых по кварц-слюдисто-карбонатным породам, глинистый материал представлен монтмориллонитом, а в развитых по углеродистым сланцам – каолинитом.

Алевритовый материал состоит из кварца (до 90%) и слюд – мусковита и серицита. Тяжелая фракция пород составляет 30–40% и представлена гидроксидами железа и марганца, антимонитом, золотом, шеелитом и киноварью. Встречаются вторичные минералы – церуссит, англезит и биндгеймит.

Золото в окисленных рудах представлено пылевидными и тонкодисперсными частицами размером менее 0,05 мм, которое находится как в свободном, так и в связанном состоянии, в сростках с гидроокислами железа и марганца, окислами сурьмы, а также слюдистых минералов и кварца. Встречается более крупное золото (до 1,5 мм) в количестве 4–6%, представленное двумя разновидностями. Одна разновидность – массивное комковидное золото 920–970 пробы, содержащее примесь ртути до 3–6%, и другая – тонко губчатое золото, образующее субграфические сростки с окислами сурьмы.

Генезис

Вопрос генезиса Олимпиадинского месторождения дискутируется. Одни исследователи считают его гидротермальным (магматогенно-гидротермальным), другие – метаморфогенным, метаморфогенно-гидротермальным.

Однако, если это месторождение гидротермального генезиса, то, естественно, гидротермальные золотоносные растворы должны отделяться от внедрившихся позднепроторозойских интрузий и накладываться на уже литифицированный субстрат – породы, образовавшиеся в процессе седиментогенеза, складчатости и регионального метаморфизма. Структурными ловушками локализации золотого оруденения в этом случае должны быть тектонические нарушения – зоны повышенной трещиноватости, расщеливания, а подводящими структурами – распространенные в районе и вблизи месторождения разломы северо-западного, северо-восточного и субширотного простирания.

Геологические материалы по Олимпиадинскому месторождению однозначно указывают на его образование по второму сценарию (Сазонов, 1985, 1998). Оно локализовано в пределах пачки пород, первоначально обогащенных золотом, и формировалось в два этапа. В первый этап, в период седиментации и диагенеза, создавались условия предрудной и даже, возможно, рудной концентрации золота от 0,4–0,6 до 1–2,3 г/т. Во второй этап, этап регионального метаморфизма и складчатости, золото вместе с несущими его растворами кремнезема и сульфидами мигрировало и накапливалось в зонах пониженного давления – замках и шарнирах формирующихся складок (Буряк, 1973, 1975, 1985; Григоров, 1985; Коновалов, 1985).

Несомненно, что позднее в период образования кор выветривания имело место обогащение золотом руд до двукратной величины.

Группа исследователей (Генкин и др., 1994) детально изучала руды Олимпиадинского месторождения и пришла к выводу, что в образовании промышленного оруденения принимали участие как гидротермальные, так и метаморфогенные растворы, но последние проявились более четко.

Исследования, проведенные Е.А. Звягиным и А.М. Сазоновым (1997), показали, что породы месторождения метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации при $T < 560^{\circ}\text{C}$ и $P = 3$ кбар. Рудообразование происходило при $T = 380\text{--}560^{\circ}\text{C}$ и $P = 3\text{--}8$ кбар. Близкие параметры рудообразования ($T = 650\text{--}500^{\circ}\text{C}$ и $P = 6\text{--}3$ кбар) получены и другими исследователями (Прокофьев и др., 1994).

Ими же установлена высокая фоновая золотоносность вмещающих пород Олимпиадинского месторождения: кварц-карбонат-слюдистых сланцев – 578 мг/т (23 анализа) и кварц-слюдяных сланцев – 110 мг/т (10 анализов), что в десятки раз превышает кларковые и фактически является “предрудной концентрацией” в понимании канадских геологов, сторонников стратиформного рудообразования золоторудных месторождений.

Автор не исключает гидротермальное воздействие протерозойских интрузий на руды Олимпиадинского месторождения из-за их пространственной близости, но это воздействие не привело к перераспределению золота в сформированных стратиформных телах месторождения. Таким образом, четкий стратиграфический, литологический и, наконец, структурный контроль свидетельствуют в пользу метаморфогенного, метаморфогенно-гидротермального оруденения Олимпиадинского месторождения. (Григоров, 1983, 1985; Григоров, Фомин, 1983).

ВЫВОДЫ

Главными рудоконтролирующими факторами рудного поля Олимпиадинского месторождения являются продуктивный горизонт и пликативные формы дислокации – складки разных порядков. Все рудные тела месторождения расположены в пределах одного продуктивного горизонта кремнисто-карбонатных и карбонатных пород (Карлинский тип). Литолого-стратиграфический фактор оруденения подчеркивается и тем фактом, что не только рудные тела Олимпиадинского месторождения, но и все другие выявленные в его районе месторождения и рудопроявления также располагаются в породах этого горизонта, прослеженного на 18 км.

Главной рудоконтролирующей структурой месторождения является Медвеженская антиклиналь. Все рудные тела месторождения залегают в замках и шарнирных частях складок разных порядков. Рудоконтролирующая роль разрывных нарушений не установлена. Все эти факты позволяют отнести Олимпиадинское месторождение к стратиформному типу.

Приведенные данные по характеру распределения рудных тел Олимпиадинского месторождения и месторождений и рудопроявлений района месторождения свидетельствуют о тесной временной и пространственной связи золотого оруденения со складчатостью. Это позволяет отнести Олимпиадинское месторождение к стратиформному типу.

Автором принимается метаморфогенно-гидротермальный, первично седиментогенный генезис месторождения, промышленное оруденение которого сформировалось в заключительные стадии складкообразования и регионального метаморфизма.

Глава 3

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Принципиальные различия геологического строения стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау отсутствуют, а выделены они в отдельный раздел потому, что отличаются особенностями своего развития. Пострудные геологические процессы практически не повлияли на морфологию и золотоносность стратиформных рудных тел Советского и Олимпиадинского месторождения, но интенсивно проявились на месторождениях Кузнецкого Алатау. На Саралинском и, особенно, на Коммунарском месторождениях наложенные гидротермальные процессы привели к частичному перераспределению золота стратиформных рудных тел и к формированию более молодого золотого промышленного оруденения.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ САРАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ПРИМЕР ЭВОЛЮЦИИ СТРАТИФОРМНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЭФФУЗИВНО-ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ

Саралинское золоторудное месторождение – одно из древнейших на территории России. Добыча золота здесь началась в 1889 году, а россыпи в его пределах стали отрабатывать в 30-х годах прошлого века. Расположено оно в 80 км к юго-западу от железнодорожной станции Копьево (Хакасия).

Саралинское золоторудное месторождение представляет собой рудное поле, в пределах которого известно более 230 рудных тел, по традиции с давних времен называемых “жилами”. Из этого большого числа рудных тел разработка в промышленных масштабах была сосредоточена всего на семи, из которых в свою очередь по значимости выделяется четыре: Каскадная, Андреевская, Встречная и Ивановская “жилы”. В последние четыре десятилетия основная добыча руды велась на двух “жилах” – Андреевской и Каскадной, которые дали более 80% всего добытого на рудни-

ке рудного золота и которые получили название “месторождений”. Как будет показано ниже, эти два рудных объекта, как и ряд других, наиболее значимых, представляют собой стратиформные залежи, осложненные складками волочения, и более отвечают понятиям “ленточные тела” и “уплощенные складчатые линзы” или “залежи”.

Геологическая изученность Саралинского месторождения, как и других золото-рудных месторождений Кузнецкого Алатау и Енисейского края, очень слабая. Большинство собственно геологических исследований относится к 60-м – началу 70-х годов и совпадает по времени с деятельностью Совнархозов, уделявших внимание развитию золотодобычи. В последние два десятилетия проводились лишь минералогическо-геохимические и геохимические исследования, совершенно оторванные от геологической основы.

В изучении Саралинского месторождения принимали участие многие геологи, в том числе непосредственно центральной части рудного поля: В.И. Баженов (Баженов, 1961; Баженов, Шубин, 1970), А.Я. Булытников (1928 г.), В.А. Булытников (1973 г.), В.Г. Звягин (1980 г.), А.Ф. Коробейников (1979 г.), В.М. Ляхницкий (1956, 1960 гг.), А.Е. Мирошников и В.Г. Прохоров (1974), А.С. Монаков (1976, 1981, 1985 гг.), А.М. Сазонов (1998), А.М. Хазагаров (1957) и другие.

Саралинское месторождение всегда рассматривалось названными исследователями, кроме А.М. Сазонова, только с позиции ортодоксальной гидротермальной теории рудообразования, господствовавшей до начала 80-х годов. В 1998 г. опубликована монография по Саралинскому рудному полю (Широких и др., 1998), которая подводит итог столетней истории изучения Саралинского месторождения и рассматривает его с традиционных представлений на генезис рудных тел.

Геологическое строение Саралинского месторождения имеет много сходных черт со строением месторождения Коммунар, расположенным всего в 50 км к северо-западу, в направлении простираения основных геологических структур.

Вмещающие породы, слагающие Саралинское рудное поле, представлены верхнепротерозойским комплексом метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород, прорванных раннепротерозойскими гранитоидами, перекрытых субаэральными телами вулканитов условно силурийского возраста и рассеченных многочисленными дайками порфиритов и диабазов постсилурийского возраста. На отдельных участках рудного поля пострудных даек, рассекающих рудные тела, так много, что они составляют до 30–50% объема рудного поля и сильно осложняют геологическое строение. Широким развитием пользуются разломы, которые рассматриваются только как дорудные, рудоконтролирующие. Кварцевые золотосодержащие тела Саралинского месторождения отвечают золотокварцевому малосульфидному типу.

В истории геологического развития района Саралинского месторождения выделяются следующие основные этапы развития: 1) ранний геосинклинальный этап (поздний протерозой); 2) этап орогенного развития, сопровождавшийся складчатостью, внедрением гранитных интрузий и проявлением разрывной тектоники (ранний палеозой); 3) этап субаэрального вулканизма (условно силурийского возраста); 4) этап дайкового основного вулканизма (постсилурийского возраста) и 5) этап длительного континентального развития (с мезозоя по настоящее время).

Взгляды автора на геологическое строение и закономерности размещения промышленных рудных тел Саралинского месторождения существенно отличаются от представлений, принятых геологической службой рудника. Считаем необходимым изложить обе точки зрения.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ПРЕДСТАВЛЕНИЯМ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РУДНИКА

В соответствии с общепринятыми представлениями все промышленные тела Саралинского месторождения являются трещинными жилами, которые образовались в один геологический этап – этап проявления в районе орогенного тектогенеза и генетически связаны с внедрением палеозойских гранитоидов (Арагатский интрузивный массив, Каскадный шток и др.). Золотосодержащие промышленные жилы образовались в результате нескольких стадий гидротермального процесса, а их положение в пространстве контролируется и определяется разломами. Генетической связи между промышленными концентрациями золота в жилах и вмещающими их породами нет. Интенсивность промышленного оруденения, а, следовательно, и промышленное значение отдельных рудных тел определяются исключительно длительностью гидротермальных процессов. Считается, что чем больше стадий испытали в своем формировании кварцевые жилы, тем выше их продуктивность.

Среди рудоконтролирующих и рудовмещающих разломов и трещин главное значение отводится разрывным нарушениям субширотного и диагонального, главным образом, северо-западного простираний и, соответственно, юго-западного и северо-восточного падений.

Среди промышленных жил выделяются жилы двух основных направлений: субширотные, согласные с простиранием пород, и секущие диагональные. К согласным жилам относятся Каскадная, Андреевская, Встречная, Поисковая, Кузнецовская и Восточная, к секущим – Трансвальская, Братская, Сороковая, Лавинная, Россомахинская, Приисковая и им подобные. Наиболее важными в промышленном отношении являются жилы Встречная, Каскадная, Андреевская и отработанная Ивановская. Считается, что положение этих жил определяется наличием тектонических трещин надвигового типа субширотного простирания и северного падения.

Развитые на месторождении субмеридиональные крутопадающие разрывные нарушения: Западно- и Восточно-Встречное и Восточно-Андреевское рассматриваются как рудоподводящие и рудораспределяющие разрывные нарушения.

Вмещающие породы долгое время считались незолотоносными и систематически не опробовались, и только после настойчивых рекомендаций автора, как куратора ПО “Енисейзолото”, с середины 80-х годов началось систематическое опробование зальбандов рудных тел с целью определения их золотоносности на 20-м горизонте.

Таким образом, представления геологической службы рудника о происхождении, строении и пространственном распределении промышленных рудных жил Саралинского месторождения сводятся к следующему.

1. Все рудные золотоносные тела месторождения – трещинные жилы. Вмещающие их породы – пассивный субстрат, не влияющий на степень их золотоносности.

2. Положение промышленных жил определяется наличием разломов, главные из которых имеют субширотное и диагональное простираения.

3. Допускается наличие в зальбандах жил метасоматически измененных золотоносных пород.

4. Гидротермальные золотоносные растворы двигались снизу вверх, что определяет продолжение промышленного оруденения на значительную глубину.

5. Генетически золотое оруденение связывается с гранитными интрузиями.

6. Промышленное золотое оруденение может быть только в пределах участков гидротермально измененных, главным образом, окварцованных пород.

7. Степень интенсивности гидротермальных процессов в кварцевых жилах определяет промышленную значимость золотого оруденения.

Перечисленные выше закономерности явились основой при определении направления геологоразведочных работ: выявление и прослеживание рудолокализирующих разрывных нарушений, и прежде всего, субширотного и северо-западного простираний, а также установление участков гидротермально измененных пород.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОРА

Саралинское месторождение имеет сложную историю геологического развития. Золотосодержащие рудные тела месторождения образовались в три разных этапа: 1) в позднем протерозое, 2) в раннем палеозое и 3) предположительно, в силурийское время. Промышленные рудные тела образовались в первые два этапа, они разновозрастные и резко различны в генетическом и морфологическом отношении (рис. 15 и 16).

В позднем протерозое, в период осадконакопления, диагенеза, складчатости и регионального зеленокаменного метаморфизма сформировались рудные тела I этапа, относимые нами к стратиформному седиментогенно-метаморфогенному типу. Они представлены уплощенными складчатыми залежами очень малой мощности (обычно 1–1,5 м) и протяженностью по простираению 50–60 м и падению до 100 м и более, расположенными кулисообразно по отношению к друг к другу и объединенными в крупные тела, получившие названия “жила” – “жила Каскадная”, “жила Андреевская” и т.д.

Рудные тела I этапа локализованы среди черносланцевых отложений верхнесаралинской свиты верхнепротерозойского вулканогенно-осадочного комплекса и рассматриваются нами как результат синскладчатых метаморфических преобразований первичных кремнисто-глинистых осадков, осадочно-вулканогенных и вулканогенных отложений района. Характер распределения и условий залегания стратиформных рудных тел Саралинского месторождения иллюстрируется рисунком 16.

Во II этап рудообразования – в этап проявления в районе постскладчатых разрывных нарушений и внедрения гранитных интрузий (Арагатского массива, Каскадного штока и др.) сформировались золотоносные кварцевые жилы. Это типичные трещинно-жильные тела, локализованные в зонах разломов и трещин типа скола и разрыва. Они представлены жилами типа Россомахинской, Щеголевской, Трансвальской, Лавинной и им подобным.

В третий этап на Саралинском месторождении образовались многочисленные мелкие золотосодержащие кварцевые тела типа жил № 96–99, 153, 160 (названия жил и их номера даются нами в соответствии с геологической картой В.М. Ляхниченко, 1956 г., дополненной геологами рудника в 1973 г.). Появление этих жил связывается нами с аэралью и субвулканической деятельностью условно силурийского возраста. Часть исследователей считает эти вулканические образования протерозойскими.

В постсилурийское время в районе и на месторождении произошло внедрение многочисленных даек габбро-диабазов и порфириров, секущих почти все геологические образования, в том числе и золотоносные рудные тела всех трех этапов. Золотоносные жилы более молодые, чем дайковые породы, не установлены. В мезокайнозой (?) в районе возобновились движения по более древним разрывным нарушениям, но идентифицировать эти подвижки не всегда представляется возможным. В результате проявления позднескладчатых и более молодых дислокаций зальбанды многих стратиформных рудных тел несут следы многочисленных подвижек, сопровождавшихся формированием зон милонитов и зеркал скольжения. В милонитах отмечаются новообразования черного углеродистого вещества, часто содержащего золото.

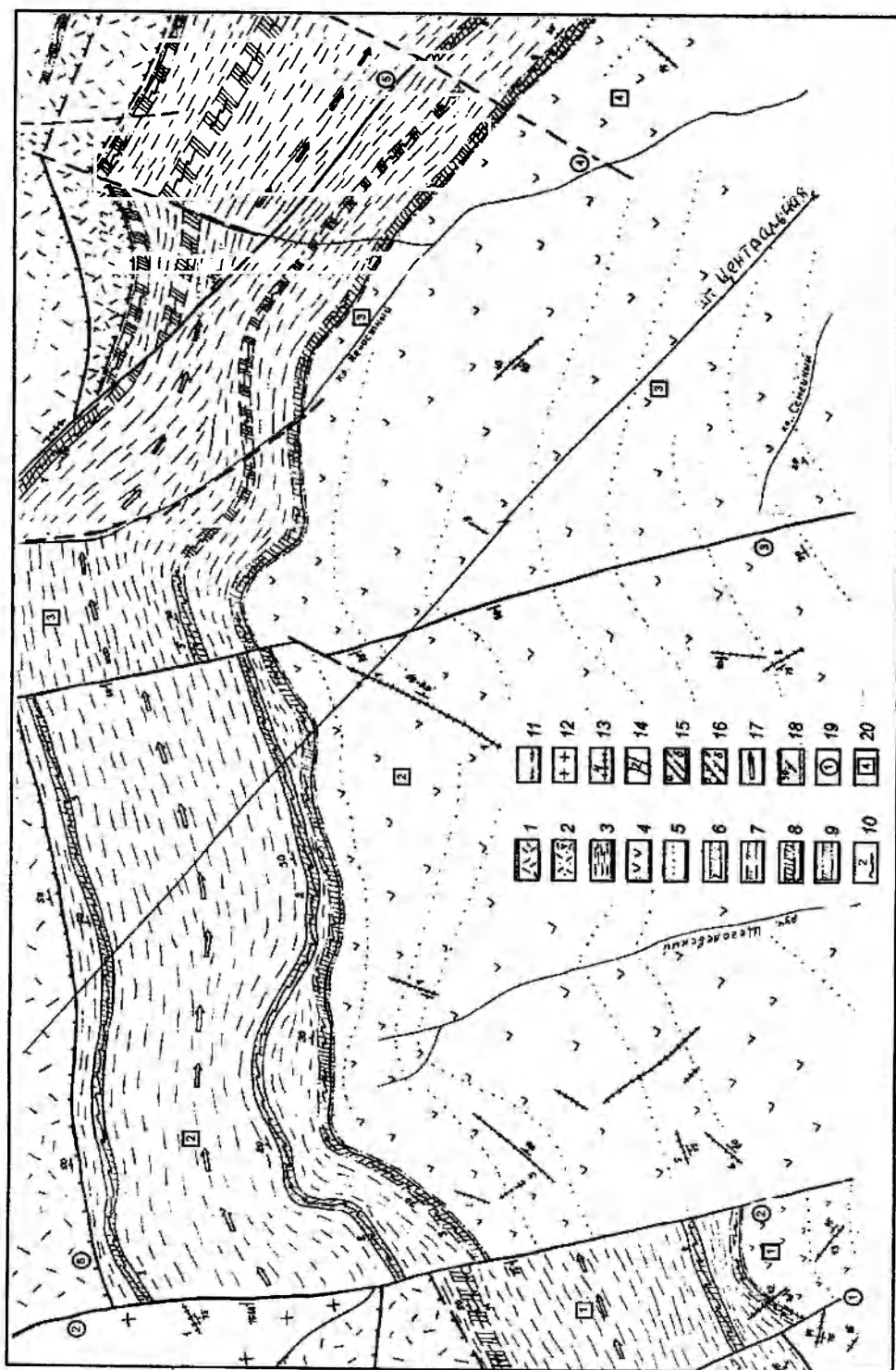
Промышленная значимость золоторудных тел Саралинского месторождения разных этапов рудообразования не одинакова. Наибольшие запасы имеют стратиформные рудные тела I этапа: Андреевско-Каскадный тип рудных тел (“жил”). Объем золотодобычи по этому типу руд за все годы разработки, почти столетие, составил более 80%.

Подчиненное промышленное значение имеют золотоносные жилы II этапа рудообразования: Россомахинский тип рудных тел. На них приходится около 20% объема рудной добычи за весь период разработки месторождения, но отработка этих рудных тел последние десятилетия не велась. Если рудные тела I этапа характеризуются устойчивыми средними содержаниями золота порядка 5–7 г/т, то среди рудных жил II этапа отмечались отдельные тела с очень высоким содержанием золота порядка 12–15 и более г/т, но небольшими запасами руды. В целом жилы II этапа характеризуются неустойчивыми содержаниями.

Промышленная значимость золотосодержащих жил III этапа рудообразования, жил типа № 96, 97, не установлена. Разведка и промышленная оценка этих жил не проводились из-за низких содержаниях золота и небольших размеров.

Рудные тела первых двух этапов рудообразования характеризуются отличными друг от друга чертами строения, разными условиями залегания и разными закономерностями пространственного распределения, что требует их раздельного описания.

a



6

Положение продуктивных горизонтов в разрезе	Разрез	Мощность, м	Краткое описание пород	Свита
		400-1200	Кислые эффузивы и их туфы с прослоями известняков и сланцев	Андреевская
		>200	Кислые эффузивы	Каскадная
		800-1200	Углисто-глинистые (черные) сланцы с прослоями и линзами известняков и порфириров	Верхнесаралинская
		800-1200	Порфириты с редкими прослоями углисто-глинистых сланцев и известняков	Среднесаралинская

Рис. 15. Схематическая геологическая карта (а) и стратиграфическая колонка (б) района Саралинского месторождения. Составлена с использованием материалов геологической службы рудника и геологической карты В.М. Ляхницкого (1956 г.).

1 – кислые эффузивы и их туфы с прослоями черных углисто-глинистых сланцев и известняков, андреевская свита; 2 – кислые эффузивы, каскадная свита; 3 – черные углисто-глинистые сланцы с прослоями известняков и порфириров, верхнесаралинская свита; 4 – порфириты с прослоями сланцев и известняков, среднесаралинская свита; 5 – отдельные маркирующие горизонты; 6 – основной продуктивный горизонт черных сланцев, установленное положение; 7 – то же, предполагаемое положение; 8 – возможный продуктивный горизонт черных сланцев, установленное положение; 9 – то же, предполагаемое положение; 10 – установленные стратиформные золоторудные залежи и их номера; 11 – то же, предполагаемые; 12 – гранитоиды; 13 – золоторудные кварцевые жилы и их номера; 14 – дайки диабазовых порфириров (показаны только на стратиграфической колонке); 15 – разломы типа сбросов, сбросо-сдвигов и сдвигов (а – установленные, б – предполагаемые); 16 – то же, типа взбросов (а – установленные, б – предполагаемые); 17 – положение оси Саралинской синклинали и направление ее погружения; 18 – элементы залегания; 19 – цифровые обозначения разломов; 20 – то же, крупных тектонических блоков.

Стратиформные рудные залежи: 1 – Андреевская, 2 – Каскадная, 3 – Каскадная I и II, 4 – Встречная, 5 – Фабричная, 6 – Восточная I, 7 – Восточная II, 8 – Поисковая, 9 – Кузнецовская, 10 – Забытая, 11 – Обновлённая, 12 – Крестовая, 13 – Западная.

Золоторудные кварцевые жилы: 1 – Приисковая, 2 – Дородная, 3 – Обручева, 4 – Щеголевская, 5 – Палаточная, 6 – Неизвестная, 7 – Россомахинская, 8 – Семейная, 9 – Гидравлическая, 10 – 13 лет Октября, 11 – Кузнецовская II, 12 – Трансвальская, 13 – Братская, 14 – Сороковая, 15 – Белая, 16 – Трансвальская западная.

Разрывные нарушения: 1 – Западно-Встреченское, 2 – Восточно-Встреченское, 3 – Восточно-Андреевское, 4 – Кузнецовское, 5 – Поисковое, 6 – Северное.

Тектонические блоки: 1 – Западный, 2 – Центральный, 3 – Светлый

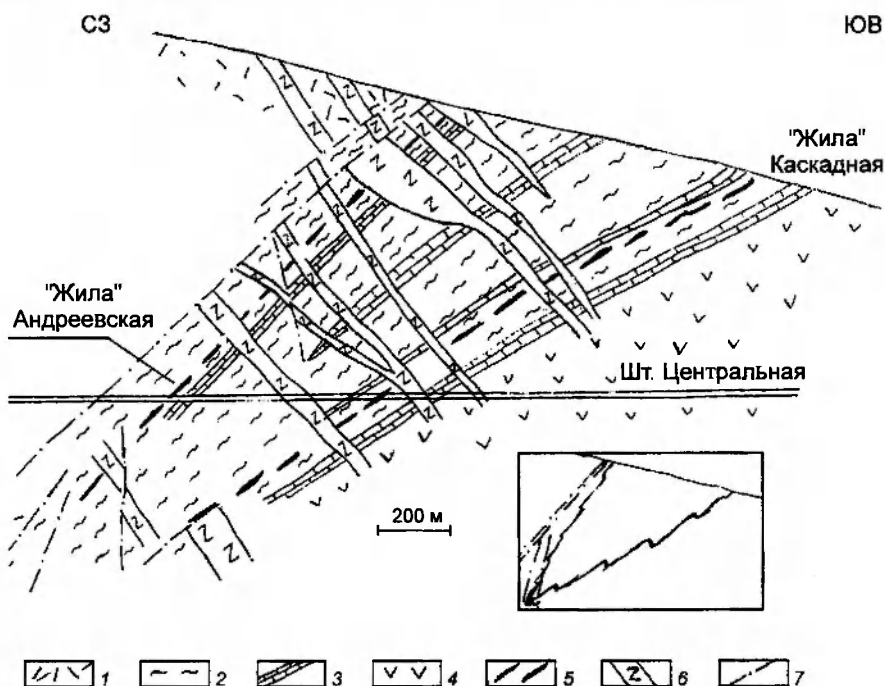


Рис. 16. Схематический поперечный разрез Саралинского месторождения по линии Центральной штольни

Демонстрирует залегание стратиформных рудных тел (линз и залежей), известных как “жилы” Андреевская и Каскадная, в крыльях синклинали. На врезке – обобщенная модель структуры. Составлен с использованием материалов рудничной геологической службы (Григоров В.Т., 1988 г.). 1 – кислые эффузивы; 2 – сланцы; 3 – известняки; 4 – порфириды; 5 – золоторудные линзовидные складчатые тела; 6 – дайки диабазовых порфиритов; 7 – разломы

Рудные тела I этапа рудообразования представлены складчатыми уплощенными залежами, согласными с вмещающими породами. К ним, кроме названных Каскадной, Андреевской, Встречной и Восточной, относятся: Кузнецовская верхняя, I и II Каскадные, Казенно-Веркинская и другие (см. рис.15). Рудные тела I этапа характеризуются рядом особенностей, свойственных месторождениям стратиформного типа (Асаналиев, 1982; Асаналиев и др., 1988; Бурак и др., 1988; Григоров, Кривоборский, 1985; Справочное пособие..., 1990; Стреляев, 1983): согласным залеганием с вмещающими породами, ярусным залеганием отдельных линз, слагающих “жилу” (отсюда и название “Каскадная”: линзы залегают кулисообразно в плоскости “жилы”, образуя каскад), четким стратиграфическим положением и залеганием в пределах рудного горизонта черных сланцев; внутренним складчатым строением и отличительными минералогическими и текстурно-структурными признаками.

Анализ пространственного положения рудых тел I этапа показывает, что они приурочены к двум продуктивным или рудным литолого-стратиграфическим горизонтам (см. рис. 15). Основной горизонт залегает в 100–120 м выше нижнего контакта (подошвы) верхнесаралинской свиты и представлен пачкой черных углистых (углеродистых) сланцев с маломощными (до 0,5–1,2 м) прослоями темных известняков и порфириров. Его мощность составляет 10–20 м. К этому рудному горизонту приурочены “жилы”: Каскадная, Андреевская, Встречная, Восточная, Фабричная и, видимо, Поисковая. Возможно, что на отдельных участках рудного поля (гор. 13 и 14, штр. 1309 и 1114) он представлен двумя или даже тремя рудными пачками, разделенными безрудными прослоями мощностью от 2–3 до 5–10 м.

Другой продуктивный горизонт, имеющий подчиненное значение, но изученный недостаточно, залегает на контакте среднесаралинской и верхнесаралинской свит. К нему приурочены I и II Каскадная “жилы”, а также Кузнецовская (верхняя) и, видимо, Казенно-Веркинская “жилы”.

В пределах первого рудного горизонта стратиформные рудные залежи, отражая первичную слоистость и складчатость, залегают ярусно, образуя то два, то три рудных уровня, разделенных безрудными прослоями. Об этом свидетельствуют материалы по отработке Встречной, Андреевской и Каскадной “жил”. Так, в пределах “жилы” Встречной фактически разрабатывалось три параллельных залежи: Висячая, Лежачая и разделяющая их Колчеданная. Две или три “жилы” разрабатывались и на отдельных участках “жилы” Андреевской (рис. 17), две “жилы” (Висячая и Лежачая) разрабатывались в пределах “жилы” Каскадной, которые на ряде участков также разделялись Колчеданной “жилой”.

Такая выдержанная черта строения сложных “жил”, залегающих на разных участках рудного поля и характеризующихся изменяющимися условиями залегания, не может быть объяснена одинаковым характером тектонических движений вмещающих трещин (Широких и др., 1998). Это результат стратиграфической последовательности. Наличие сульфидных залежей (согласных “жил”) наблюдалось автором на Советском месторождении (содержание послонно залегающих сульфидов иногда

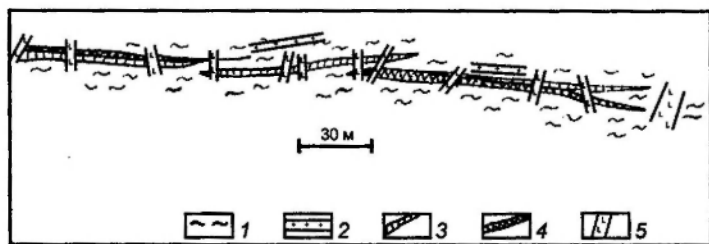


Рис. 17. Саралинское месторождение. Кулисообразное расположение и сложное линзовидное строение стратиформных залежей

“Жила” Андреевская, план. По материалам рудничной службы. 1 – сланцы; 2 – пласты порфириров; 3 – кварцевые залежи; 4 – сульфидные залежи; 5 – дайки диабазовых порфириров

составляет около 30%). Они известны на Огнепотерьевском месторождении, расположенном к югу от Советского, и на Сульфидном месторождении (Ленский район). Последнее расположено сопредельно с месторождением Сухой Лог, являющимся представителем стратиформных месторождений золото-сульфидной формации в черных сланцах. Отдельные прослои подобных золотоносных сланцев встречались нами в пределах отработанного карьера Коммунарковского месторождения: черные сланцы с прослоями и послойной вкрапленностью характерного сингенетичного пирита.

Другой характерной чертой рудных залежей I этапа рудообразования является их внутреннее складчатое строение (рис. 18). Подобно складчатым телам Советского месторождения, залежи на ряде участков осложнены складками волочения, в пределах замков этих складок их мощность резко возрастает иногда в два-три и более раза. Как известно, увеличение мощности слоев в замках складок, характерно именно для

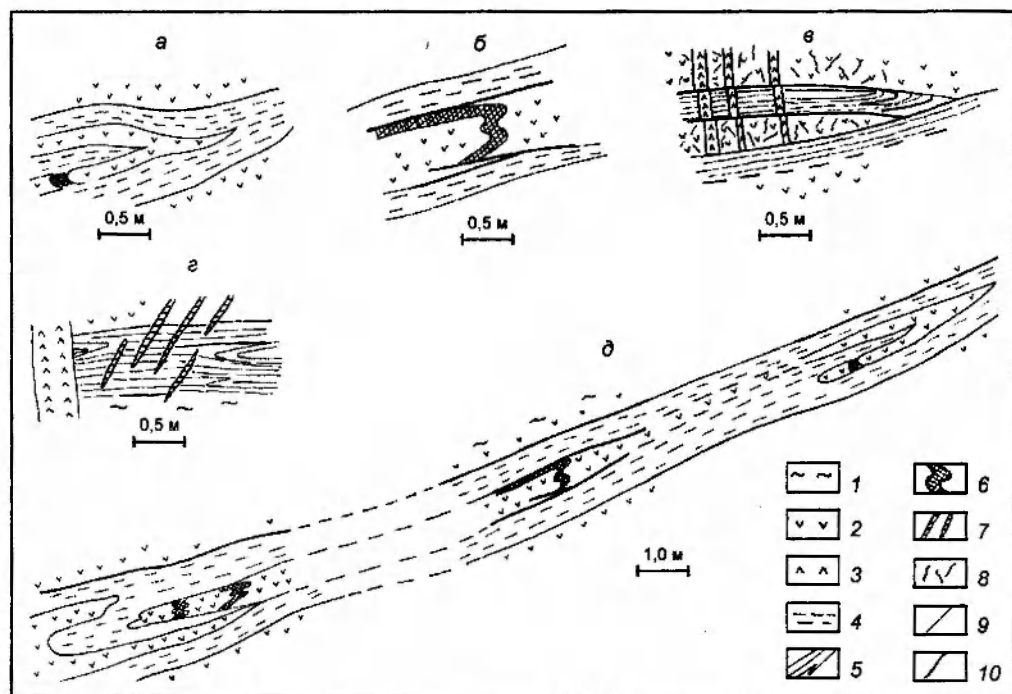


Рис. 18. Саралинское месторождение. Внутреннее складчатое строение стратиформных рудных тел и наличие в них разновозрастного кварца

“Жила” Каскадная: а – горизонт 14, восстающий 1607; б – там же; в – горизонт 14, штрек 1402, 230 м от устья; г – горизонт 11, блок 914; д – горизонт 14, восстающий 1607 (Григоров В.Т., 1988 г.). 1 – сланцы; 2 – порфириты; 3 – дайки диабазовых порфиритов; 4 – темно-серый полосчатый синккладчатый (метаморфогенный) рудный кварц (Q_1); 5 – полосчатость в Q_1 ; 6 – позднескладчатый (позднеметаморфогенный) кварц (Q_2); 7 – светло-серый постмагматогенный гидротермальный кварц (Q_3); 8 – прожилки светло-серого кварца неясной природы; 9 – геологические границы; 10 – трещины с глиной трения, обогащенной углистым веществом

скалдок волочения. При этом происходит изменение направления падения рудных тел на обратное: переход в другое крыло.

Автор специально так подробно остановился на внутреннем строении рудных тел I этапа, чтобы убедить читателя в правильности своей точки зрения и невозможности отнесения рудных тел типа Каскадно-Андреевских “жил” к трещинножилым образованиям, прежде всего, по особенностям их внутреннего строения и условиям залегания.

Третьей отличительной чертой рудных тел I этапа является их минералогический состав, по которому они значительно отличаются от золото кварцевых жил II этапа (табл. 3). Для них В.И. Баженовым, А.М. Хазагаровым и С.П. Шемченком установлено (и подтверждено наблюдениями автора) наличие темно-серого полосчатого кварца книжной текстуры, испытавшего дислокацию, чередующегося на отдельных участках с прослоями серого и светло-серого кварца и дающего постепенные переходы к вмещающим кремнистым сланцам “породно-рудным ассоциациям” по В.Г. Гарьковцу (1978, 1982).

Характерной чертой рассматриваемых жил является их постепенный переход к вмещающим сланцам или непосредственно, когда нельзя провести четкую границу, или через тонкое переслаивание кварцевого материала и сланцев. Так, А.Е. Мирошников и В.Г. Прохоров (1974), изучая “книжную” текстуру, на отдельных участках “жилы” Каскадной насчитали до 40 слоев вмещающих сланцев. Это указывает на сингенетичность рудных образований и вмещающих пород.

Автором выделены три генерации кварца в стратиформных залежах: синскладчатый метаморфический – Q_1 ; позднескладчатый метаморфический – Q_2 ; гидротермальный постмагматический – Q_3 (см. рис.18).

Особенно характерна для рудных тел I этапа полосчатая, книжная текстура темно-серого кварца и наличие сульфидизированных прослоев и линз, получивших название “колчеданных жил”. Такое чередование послойных полосчатых кварцевых, вкрапленно-прожилковых сульфидных кварцевых “жил” и сульфидных сланцев характерно именно для стратиформных золото кварцевых месторождений (Асаналиев, 1984, 1990; Асаналиев и др., 1988; Буряк, 1973, 1975).

Таблица 3. Особенности состава кварца стратиформных рудных тел (Каскадно-Андреевский тип) и трещинных жил (Россомахинско-Трансваальский тип) Саралинского месторождения. По В.И.Баженову, А.М.Хазагарову и С.П.Шемченку (1962 г.)

Разновидности кварца	Стратиформные тела (Каскадно-Андреевский тип)	Трещинные жилы (Россомахинско-Трансваальский тип)
Полосчатый (книжной текстуры)	Распространен широко	Нехарактерен, отмечается редко, в участках подвижек
Сливной темно-серый до черного	Распространен широко	Нехарактерен
Сливной белый и светло-серый	Распространен	Распространен широко
Брекчиевой текстуры	Встречается крайне редко	Характерен для большинства жил
Гребенчатый	Не отмечен	Типичен для зальбандов
Зональные кристаллы	Не отмечен	Распространен

Особо следует остановиться на структурных особенностях локализации рудных тел I этапа рудообразования. Общепринятым является представление о моноклинальном залегании пород в северной части Саралинского рудного поля. Анализ данных свидетельствует о наличии крупной, запрокинутой к югу синклинали, названной нами Саралинской, в крыльях которой залегает один и тот же рудный горизонт; таким образом, “жилы” Андреевская и Восточная, с одной стороны, и Каскадная и Фабричная – с другой, залегают не в разных моноклинально залегающих и падающих в одну сторону горизонтах, а в одном и том же продуктивном горизонте, участвующем в складчатости (см. рис. 16).

Основным доказательством в пользу наличия синклинальной структуры является литологический разрез ядерной части и крыльев складки, сложенных породами верхнесаралинской свиты: отмечающиеся прослои известняков играют роль маркеров и расположены в осевой части складки и на ее крыльях симметрично относительно оси, на равных расстояниях от кварцевых “жил” (основного продуктивного горизонта) и согласно с элементами залегания последних (наблюдения по Центральной штольне, см. рис. 16).

Данные по морфологии Андреевской и Каскадной “жил” на отработанных участках также свидетельствуют в пользу наличия синклинальной складки. Они показали, что “жилы” Андреевская и Каскадная состоят, как уже говорилось, из серии кулисообразно расположенных линзовидных тел с лево- и правосторонним складчатым рисунком залегания (Биллингс, 1949), разным для Андреевской и Каскадной “жил”. Эти морфоструктурные особенности легко объясняются наличием лево- и правосторонних складок волочения, осложняющих более крупную синклиналь.

Другим доказательством наличия синклинальной складки, кроме литологической последовательности пород и кулисообразного расположения кварцевых линз, является четко установленное восточное склонение рудных столбов в обеих названных “жилах” – Андреевской и Каскадной, что также отвечает положению осей складок волочения, осложняющих синклиналь.

Морфология и внутреннее складчатое строение кварцевых тел I этапа, содержащих прослои вмещающих сланцев и порфириров, свидетельствуют о проявлении пликативной тектоники в период образования стратиформного золотого оруденения, которая текучесть вмещающих пород. Время проявления пликативных дислокаций – ранний протерозой. Тогда же синклиналь была расчленена на ряд крупных тектонических блоков: Восточный, Центральный, Светлый и др. В результате единый основной продуктивный горизонт оказался в разных тектонических блоках, а выходящие на поверхность рудные тела горизонта получили разные, перечисленные выше наименования.

Золотосодержащие кварцевые жилы II этапа рудообразования – типичные трещинно-жильные гидротермальные тела выполнения. Элементы залегания устойчивы, выдержаны. Преобладают жилы северо-западного и северо-восточного простирания и крутого падения. Реже отмечаются жилы субширотного и меридионального направлений. В северной части рудного поля, в пределах синклинали, субширотные и диагональные трещины северо-западного и северо-восточного простираний,

вмещающие золотоносные жилы, отвечают трещинам скола, субмеридиональные – трещинам отрыва.

Минеральный состав кварцевых жил II этапа относительно более простой. В них полностью отсутствует темно-серый полосчатый кварц книжной текстуры и обогащенные сульфидной вкрапленностью прослои пород. Отмечена определенная приуроченность рудных жил II этапа к полям развития пород верхне- и особенно среднесаралинской свит, что объясняется общим повышенным содержанием золота в последних и присутствием в них отдельных прослоев пород, обогащенных золотом (порфириты среднесаралинской свиты).

В ряде случаев установлены факты пересечения стратиформных рудных тел I этапа жилами II этапа (20 гор., “жила” Каскадная). В силу малой протяженности жилы II этапа имеют ограниченное промышленное значение.

ВЫВОДЫ

Автором по результатам личных исследований и анализа имеющихся материалов устанавливаются следующие основные закономерности строения Саралинского месторождения:

1. Промышленное золотое оруденение Саралинского месторождения – полигенное и полихронное. Оно отвечает двум разным периодам (этапам) геологического развития района и представлено двумя разными в генетическом отношении типами рудных тел: стратиформными телами – уплотненными (средняя мощность до 1-го метра) складчатыми линзами и залежами, условно названными Андреевско-Каскадным типом “жил” I этапа рудообразования позднепротерозойского возраста, и трещинно-жилными телами II этапа рудообразования раннепалеозойского возраста. Последние имеют магматогенно-гидротермальный генезис и условно названы нами Трансвальско-Россомахинским типом “жил”.

2. Стратиформные рудные тела I этапа рудообразования залегают в виде продуктивных горизонтов среди черных сланцев верхнесаралинской свиты и имеют четкое стратиграфическое положение. На месторождении выделяются два продуктивных горизонта мощностью 10–20 м. Основной залегают в 100–120 м выше контакта средне- и верхнесаралинской свит, второй, промышленное значение которого не установлено – в базальных частях верхнесаралинской свиты. Не исключается возможность обнаружения и других продуктивных горизонтов.

3. Основной продуктивный горизонт вмещает все основные промышленные рудные тела Саралинского месторождения: “жилы” Каскадную, Андреевскую, Встречную и Восточную. Остальные стратиформные тела этого горизонта не имеют достаточно полной геологической оценки. Второй продуктивный горизонт установлен в процессе обработки материалов; он содержит “жилы” I и II Каскадные, Верхнекузнецовскую и, видимо, Казенно-Веркинскую.

4. Стратиформные тела I этапа рудообразования имеют форму ленточных тел и линз, осложненных складчатостью. Средние размеры линз по простираению и паде-

нию 50×50, 50×100–120 м при средней мощности до 1 м. На отдельных участках, главным образом, в замках складок, при изменении условий залегания на обратные, мощность тел увеличивается до 2–3 м, иногда до 6–8 м.

5. Стратиформные тела залегают в пределах продуктивных горизонтов кулисообразно, что объясняется первичной седиментогенной неоднородностью отложений и, главным образом, наложенной складчатостью и метаморфизмом, обусловившими перераспределение золота и кварца. Положение промышленных стратиформных линз и залежей в пределах продуктивного горизонта в общем закономерное и поддается прогнозу.

6. Продуктивные горизонты, вмещающие стратиформные линзовидные тела, имеют сложное строение. На отдельных участках в их пределах выделяются две и даже три продуктивные пачки сланцев, вмещающие рудные тела, разделенные безрудными прослоями. Расстояние между продуктивными пачками (прослоями) от 2–4 до 8–10 м, в силу этого мощность продуктивных горизонтов достигает 10–20 м и более.

7. Наличие продуктивных горизонтов позволяет прогнозировать продолжение стратиформных рудных тел за пределы разведанной части месторождения.

8. Положение продуктивных горизонтов осложнено наличием постскладчатых разломов, разбивших рудное поле Саралинского месторождения (и одноименную синклиналь) на ряд тектонических блоков. Главными из этих нарушений являются: Восточно-Встретинское, Восточно-Андреевское, Поисковое, Кузнецовское, Татарское, Геофизическое, Аномальное и др. Амплитуда смещений по ним различна: от первых до многих сотен метров.

9. Разломы являются пострудными по отношению к стратиформным рудным телам I этапа рудообразования и дорудными по отношению к трещинным жилам II этапа рудообразования.

10. Положение трещинно-жильных рудных тел II этапа рудообразования определяется разломами и трещинами преобладающей диагональной ориентировки. Подчиненно развиты жилы субширотного и субмеридионального направления. Падения жил, как правило, крутые.

11. Из-за многочисленных подвижек большинство стратиформных и ряд трещинных жильных тел осложнены трещинами, зонками рассланцевания, зеркалами скольжения. Эти пострудные нарушения часто принимаются за тектонические дорудные проводники, так как сопровождаются милонитами и обогащены гидротермальным углеродистым веществом, образовавшимся, по аналогии с Советским месторождением, после I и II этапов рудообразования.

12. В генетическом отношении стратиформные рудные тела (Андреевско-Каскадный тип) связываются, по аналогии с другими стратиформными месторождениями (Советским, Сухой Лог и др.), с первичной золотоносностью пород и последующей мобилизацией и перераспределением золота в процессе метаморфизма и складчатости.

13. В период формирования золотосодержащих трещинных жил II этапа Россомахинско-Трансвальского типа гидротермальные процессы, инициированные Ара-ратской интрузией и развивавшиеся преимущественно вдоль трещин, контактов и

отдельных прослоев пород, несомненно, оказали некоторое воздействие на рудные тела I этапа рудообразования, но общей картины распределения золота не нарушили, т.е. не привели к рассеиванию сформировавшегося стратиформного оруденения, хотя, видимо, несколько и ослабили его. Об этом говорят наблюдения по Андреевскому рудному телу, которое в целом ближе расположено к Араратской интрузии и испытало более сильное гидротермальное воздействие. В нем по сравнению с Каскадным более низкое содержание золота (4,8 против 11,8 г/т соответственно) и более высокое содержание серебра (29,3 против 6,6 г/т), что является индикатором наложенных гидротермальных процессов.

14. Особо следует сказать о возможности обнаружения на Саралинском месторождении вулканогенного типа промышленного золотого оруденения. В его южной части развиты вулканы условно силурийского возраста, среди которых установлены участки сосредоточения золотоносных кварцевых жил, что не исключает выделение в последних, по аналогии с нашими наблюдениями в Восточной Монголии (Григорьев, 1982) и на Балейском и Куранахском месторождениях (1989 г.), золотоносных метасоматитов, зон штокверкового оруденения и золотоносных эруптивных брекчий.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КОММУНАРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ПРИМЕР ЭВОЛЮЦИИ СТРАТИФОРМНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЭФфуЗИВНО-ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Коммунаровское золоторудное месторождение расположено на восточном склоне Кузнецкого Алатау, в бассейне р. Б. Июс, в 50 км к юго-западу от железнодорожной станции Ши́ра (Хакасия). Его разработка началась с открытия в 1886 г. золотоносной кварцевой “жилы”, названной Богомдарованной (ныне это месторождение Масловское I). Это месторождение в том понятии, в каком оно обычно трактуется в геологической литературе, представляет собой значительное по размерам рудное поле, в пределах которого выделяется целый ряд крупных рудных тел и кварцевых жил, исторически получивших название самостоятельных месторождений. В последние три-четыре десятилетия большая часть промышленных рудных тел обнаружена и разрабатывается в центральной части рудного поля и представлена несколькими “месторождениями”: Подлунный голец, Масловское I и II, Апрельское, Северная зона, и большим количеством (до 20) кварцевых жил и жильных зон. Представляется, что Коммунаровское месторождение – это сложный рудный геологический объект (рудное поле), в пределах которого отмечаются рудные тела (залежи) разного генезиса: стратиформного типа позднепротерозойского возраста и золото-кварцевые жилы (гидротермальный трещинно-жильный тип оруденения) раннепалеозойского возраста.

Непосредственным изучением Коммунарковского рудного поля занимались В.А. Обручев (1911), А.Я. Булынников (Булынников, 1962; Булынников, Сергеев, 1963; Булынников и др., 1967), Д.И. Калинин (1952), Н.А. Фогельман и А.Е. Шабаловский (Фогельман, Шабаловский, 1956; Фогельман и др., 1954), С.С. Ильенко (1965, 1970), А.Ф. Коробейников (1964, 1970, 1982, 1983, 1985, 1987); Г.П. Круглов, В.П. Денисов (1974 г.), Д.А. Лобанов и С.А. Савицкий (1967 г.), В.Г. Янкилевич, Л.Г. Осипов. Ими установлено, что в районе Коммунарковского месторождения преимущественным развитием пользуются протерозойские образования. В основании разреза залегает белоюуская свита, или, как ее еще называют, каратгская вулканогенная толща порфиринов основного и среднего состава мощностью 2000–3500 м. На ней с угловым несогласием лежит полуденная свита, или вулканогенно-осадочная толща ритмично переслаивающихся углистых сланцев, туфов, известняков и эффузивов мощностью около 2500 м. Выше – за пределами рудного поля – согласно залегают тюримская свита темно-серых и серых известняков с прослоями гравелитов и песчаников (мощность 2000 м) и кульбюрстюгская свита основных и средних эффузивов (мощность 1500 м). Венчает разрез протерозойских отложений мартюхинская свита серых и черных доломитов.

На севере района установлены небольшие выходы кембрийских известняков усинской свиты и эффузивов берикульской свиты. Последние на границе с Чебакской депрессией перекрыты красноцветными вулканогенно-осадочными отложениями девона.

На территории района широко развиты породы Буйского габбро-диоритового и Мартайгинского габбро-плагиогранитного комплексов. Буйский комплекс позднепротерозойского возраста представлен порфировидными диоритами, габбро-диоритами и диорит-порфиритами, образующими небольшие штоки, силлы и дайки. Порода претерпели сильный зеленокаменный метаморфизм. В силлах и дайках комплекса залегает значительное количество рудных тел (месторождений) Коммунарковского рудного поля. Часть исследователей (Булынников, 1962; Ильенко, 1970) связывали золотое оруденение Коммунара именно с ним.

Мартайгинский габбро-плагиогранитный комплекс раннепалеозойского возраста (верхний кембрий – ордовик) представлен Солгонским интрузивным массивом, пестрым по составу слагающих его пород. Отмечаются разности от габбро до гранитов, но преобладают последние. С этим комплексом большая часть исследователей (Булынников, Сергеев, 1963; Булынников и др., 1967; Калинин, 1952; Коробейников, 1964, 1970, 1982, 1983, 1987; Обручев, 1911; и др.) связывает золотое оруденение Коммунарковского месторождения. При этом А.Ф. Коробейников (1985) допускает воздействие глубинных флюидов на формирование послемагматических золотоносных растворов.

По мнению автора, с этим комплексом генетически связывается только трещинно-жильное (золото-кварцевые жилы) и скарновое оруденение отработанного Калиостровского месторождения.

Наряду с названными в районе отмечаются малые интрузии и дайки габбро-сиенитового комплекса силурийско-позднедевонского возраста. Один из исследовате-

лей золотоносности Кузнецкого Алатау Б.Д. Васильев (1997) полагает, что главная стадия золоторудного процесса связана с нижнепалеозойскими дайками.

Тектоника района месторождения складчато-глыбовая. В его пределах выделяется 4 крупных тектонических блока: на севере – Чебакский и отделенный от него Главной расщепленной зоной Знаменитый блоки, на юго-западе – Усинский и в центральной части – Коммунарковский блок, вмещающий месторождение. Разрывные нарушения ориентированы в двух основных направлениях: северо-восточном (преобладающем) и северо-западном. Все разломы закладывались и развивались одновременно со складчатостью, но в более позднее время более активными были нарушения северо-восточного простирания.

Весь район месторождения заражен золотой минерализацией. Севернее Коммунарковского месторождения располагаются Знаменитовское и Спасское рудные поля, южнее – Андатское и Случайное. В настоящее время разрабатываются только рудные тела или, как их принято называть, месторождения Коммунарковского рудного поля.

Коммунарковское рудное поле вытянуто в северо-восточном направлении на 2,5 км при ширине 700 м (размеры рудного поля определяются по выходам пород полуденной свиты). Промышленное золотое оруденение размещается как в породах зеленокаменного комплекса (силлах и дайках), так и в эффузивах, туфах, черных сланцах и известняках полуденной свиты, падающих на восток под углами 30–55°. По межформационному срыву на границе каратегской и полуденной свит внедрились силлы порфировидных диоритов габбро-диоритового комплекса – Подоблачный, Подлунный, Масловский. На юге рудное поле вплотную подходит к Калиостровскому выступу Солгонского массива, сложенному диоритами и габбро.

Два крупных разрыва – Сактычульский (Сактычульско-Федоровский) и Центральный – разделяют Коммунарковское рудное поле на три блока: Восточный, Центральный и Подлунный. Восточный блок взброшен относительно Центрального на 600 м, Подлунный – на 400 м. Золотое оруденение установлено во всех трех блоках.

На сегодня имеется два существенно отличных представления на строение и закономерности пространственного размещения отдельных месторождений и одиночных золотоносных кварцевых жил Коммунарковского рудного поля и их генезис.

Точка зрения рудничных геологов, в основу которой положены исследования И.Д. Тимофеевского, А.Ф. Коробейникова, Ю.П. Денисова и других, исходит из того, что промышленные рудные тела и жилы сформировались в один этап под воздействием гидротерм палеозойских гранитоидов, а их размещение в пространстве определялось наличием разрывных нарушений, существовавших на период их внедрения в постскладчатый орогенный этап развития района.

Принципиально другая точка зрения на строение и закономерности распределения рудных тел на Коммунарковском рудном поле была высказана Н.А. Фогельман и А.Е. Шабаловским (Фогельман, Шабаловский, 1956; Фогельман и др., 1954), которые в пределах месторождения выделили пять горизонтов, в т.ч. три основных продуктивных, локализирующих промышленные рудные тела. Эта точка зрения получила развитие в процессе исследований, проведенных сотрудниками института Ирригредмет под руководством автора (Тригоров, Скушников, 1978 г.). Наши исследования

выявили разновозрастные рудные тела разного генезиса. Установлено два и намечен третий возраст промышленного золотого оруденения, отвечающие разным периодам и разным условиям образования.

Наиболее древнее и главное в промышленном отношении оруденение – стратиформное оруденение рифейского возраста. Возраст другого установленного оруденения – палеозойский, оно генетически связано с гранитоидами и представлено золото-содержащими кварцевыми жилами. Третий возрастной тип золотого оруденения условно связывается с мезозойскими эффузивами.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

В геологическом отношении Коммунарское месторождение расположено в пределах синклиория, в строении которого принимают участие породы позднего протерозоя и раннего палеозоя, прорванные разновозрастными и разными по составу интрузиями. Непосредственное участие в строении рудного поля месторождения принимают две толщи: нижняя диабазово-порфиритовая, получившая название каратгской толщи или белоиуской свиты (на месторождении обычно употребляется термин “толща”), и верхняя вулканогенно-осадочная толща, выделяемая и как полуденная свита. Точные взаимоотношения толщ (свит) не установлены. Принимается, что полуденная свита (толща) залегает на каратгской со скрытым угловым несогласием. Частично это подтверждается наличием межформационных силлов и силлоподобных залежей диоритовых порфиритов верхнепротерозойского габбро-диоритового комплекса.

Нижняя каратгская толща мощностью порядка 2000 м характеризуется довольно однообразным монотонным составом слагающих ее основных и средних эффузивов, среди которых выделяются туфы. Изредка отмечаются маломощные прослои сланцев, туфов и известняков, аналогичные породам верхней толщи.

Верхняя толща мощностью 2500 м слагается пестрыми по составу породами. Характерными являются темно-серые до черных углистые и углисто-кремнистые сланцы и черные битуминозные известняки, находящиеся в переслаивании с эффузивами кислого состава типа кератофиров, кварцевых кератофиров и фельзитов и их туфов, а также туфопесчаники и туфоалевролиты.

Сланцы постоянно содержат примесь туфового материала и часто определяются как туфосланцы.

Возраст вмещающих пород до последнего времени дискутировался и принимался то раннепалеозойский, то позднепротерозойский. Исследованиями Г.А. Иванкина, обнаружившего остатки водорослей *nevlandia* в известняках верхней вулканогенно-осадочной толщи, доказан раннепротерозойский возраст вмещающих пород.

Интрузивные образования рудного поля представлены породами двух разновозрастных комплексов:

1) габбро-диоритовым позднепротерозойского возраста (Бюйский комплекс), и 2) габбро-плагиогранитным раннепалеозойского возраста (Мартайгинский комплекс).

В составе Бюйского комплекса развиты преимущественно диориты, слагающие многочисленные силлы и силлоподобные залежи, а также разнообразные по составу дайки. Породы Мартайгинского комплекса локализованы преимущественно в южной части рудного поля, где они слагают периферию довольно крупного Солгонского гранитного массива с выделяющимся в северном направлении Калиостровским выступом. В пределах центральной части рудного поля распространены породы дайковой фации комплекса.

В становлении габбро-диоритового комплекса выделяются несколько фаз: 1) диоритовые порфиристы I, слагающие Апрельскую, Центральную, Западную и другие дайки; 2) порфировидные диориты I, представленные силлами и силлоподобными телами, и 3) порфировидные диориты II и диоритовые порфиристы II, аналогичные по условиям залегания диоритовым порфиристам I.

Порфировидные диориты I и диоритовые порфиристы I Н.А. Фогельман рассматривала как метасоматические образования по эффузивным породам. Автор также их считает апоэффузивными образованиям. Известный исследователь С.С. Ильенко (1970) относил их к интрузивным породам, но отмечал, что они подверглись так называемому процессу диоритизации, т.е. раскислению.

Все образования протерозоя, включая магматические породы, претерпели региональный зеленокаменный метаморфизм. С.С. Ильенко считает, что с этим процессом тесно связано формирование промышленного оруденения.

В южной части рудного поля вмещающие породы подверглись наложенному контактовому метаморфизму за счет воздействия Солгонского массива. Ширина контактовой зоны метаморфизма составляет 200–300 м.

В пределах рудного поля интенсивно проявились пликативные и особенно сильно дизъюнктивные нарушения. Вмещающие породы характеризуются моноклиналильным залеганием, слагая восточное крыло крупной антиклинальной структуры (господствующее падение восточное под углом 40–50°). Моноклиналильное залегание пород усложняется наличием складок более высокого порядка. Разрывные нарушения имеют дорудный возраст. Главной рудоподводящей структурой считается Сактычуйско-Федоровский разлом. Основное рудоконтролирующее значение отводится субширотным разломам – Центральному и Сульфидному, и нарушениям меридионального направления – Апрельскому, Масловскому, Меридиональному и др.

Промышленное золотое оруденение представлено тремя морфологическими типами: 1) штокверковым, 2) кварцевыми жилами и 3) скарново-магнетитовыми залежами. Последние располагаются за пределами центральной части рудного поля. К ним относятся Калиостровское месторождение и ряд безымянных скарновых залежей. Большинство исследователей промышленное золотое оруденение генетически связывает с раннепалеозойским Солгонским гранитным массивом и считается, что все рудные тела разного морфологического типа – штокверки, жилы и залежи – образовались в один геологический этап.

Выделяется два минеральных типа золотого оруденения: 1 – золото кварцевый или золото-амфибол-кварцевый (в штокверках), и 2 – золото-сульфидно-кварцевый (золото-серебряный) тип (в кварцевых жилах).

Исходя из установленного геологического строения и принятого генезиса золотого оруденения, основными особенностями промышленного оруденения считаются:

- 1 – положение в зоне экзоконтакта Солгонского массива,
- 2 – пространственная (а по мнению некоторых исследователей, и генетическая) связь с силлами и дайками габбро-диоритового комплекса позднего протерозоя,
- 3 – рудоконтролирующее значение меридиональных и субширотных разломов,
- 4 – движения по разломам не приводят к смещению рудных тел, т.е. все разрывные нарушения, в том числе и секущие, являются дорудными.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОРА

Общая структура рудного поля

По результатам анализа совмещенной объемной геологической модели Коммунарского месторождения с пространственной количественной моделью распределения содержаний золота (погоризонтных карт изоконцентрат), выполненных для центральной части рудного поля, устанавливается, что контуры изоконцентрат промышленной и непромышленной золотоносности и рудных тел не совпадают с геологическими границами. Границы участков промышленной и непромышленной золотоносности (изоконцентраты соответственно 2,0 и 0,8 г/т), установленные по результатам математической обработки данных опробования, секут геологические границы: и стратиграфические, и интрузивные.

Несовпадение границ участков промышленной золотоносности с границами геологических тел свидетельствует об эпигенетическом наложенном характере золотого оруденения. Это одна из главных черт промышленной золотоносности Коммунарского месторождения. Вместе с тем, из анализа пространственного размещения участков промышленной и непромышленной золотоносности, согласно составленной объемной модели, устанавливается главная закономерность: участки промышленной золотоносности, за редким исключением, расположены в пределах нижних горизонтов вулканогенно-осадочной толщи, тяготеют к ее контакту с подстилающей диабазово-порфиритовой толщей и не зависят от современного гипсометрического положения, что должно было бы наблюдаться при наличии вертикального гидротермального потока, наложенного на блоковую структуру, обусловившую смещение стратиграфического контакта до 400 м по вертикали.

Таким образом, устанавливается, что промышленная золотоносность в целом подчиняется стратиграфическому контролю (рис. 19) и сосредоточена в пределах пачки, выделяемой автором как продуктивная, занимающей положение от 0 до 200–300 м от подошвы вулканогенно-осадочной толщи. Следует заметить, что Н.А. Фо-

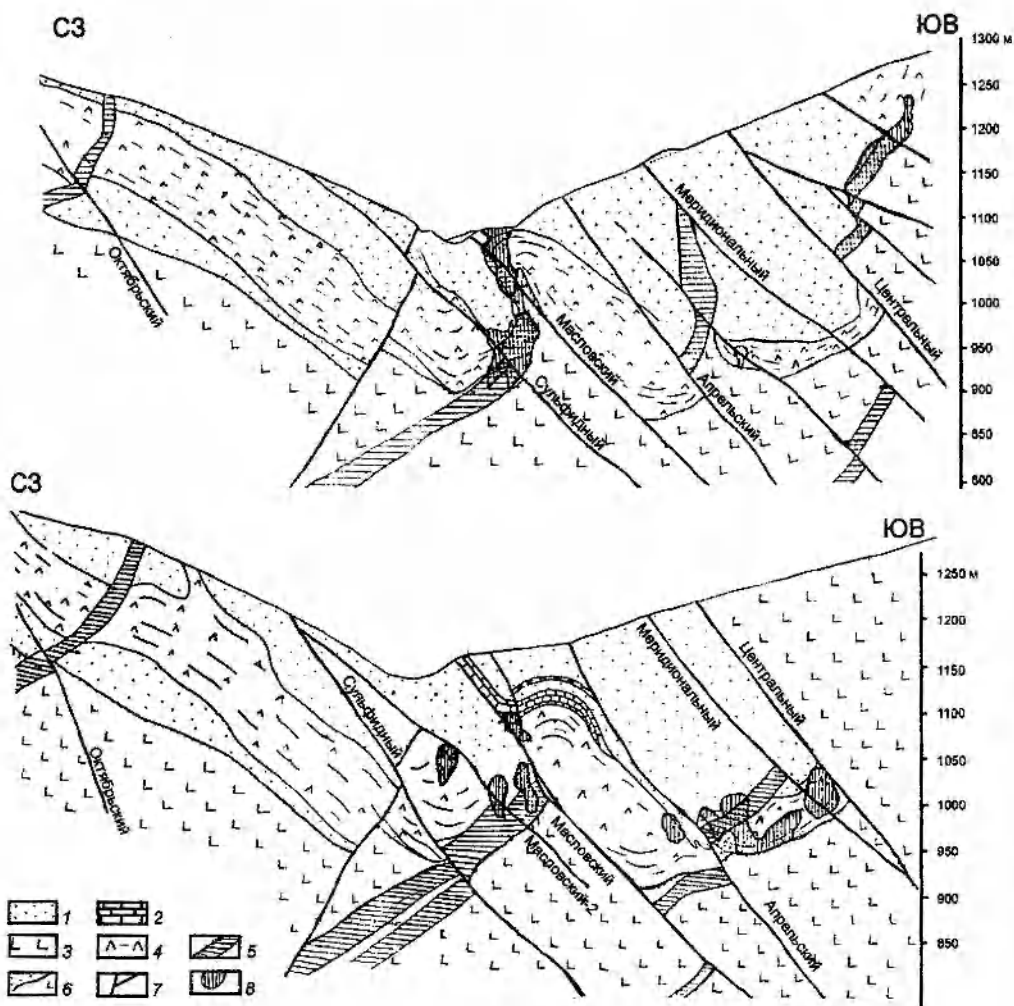


Рис. 19. Поперечные геолого-структурные разрезы через центральную часть Коммунарского рудного поля. По материалам рудничной геологической службы (Григоров В.Т., Скушников В.Л., 1979 г.)

1 – вулканогенно-осадочная толща, продуктивная на золотое оруденение; 2 – известняки; 3 – толща порфиров; 4 – межформационные силлы порфировидных диоритов I; 5 – дайки диоритовых порфиров II; 6 – тектоническое “несогласие” – плоскость сместителя надвига; 7 – разломы и их названия; 8 – отработанные рудные тела

гельман (1954 г.) выделяла на месторождении пять продуктивных горизонтов, включая силлы, но современная документация, принятая на руднике, не позволяет вернуться к этой схеме. Один из продуктивных горизонтов по Н.А. Фогельман – силл диоритовых порфиров – включен в нижнюю продуктивной пачку.

Нередко участки промышленной золотоносности совпадают с участками развития силлов и даек габбро-диоритового комплекса. Одновременно отмечается, что контуры промышленной золотоносности совпадают с участками развития кварцевых и кварц-карбонатных прожилков, т.е. с участками древней трещиноватости, обычно наблюдаемой в магматических породах: как в эффузивах, так и интрузиях, главным образом, в порфириовидных диоритах и диорит-порфиритах, пользующихся развитием в центральной части рудного поля. Очевидно, что магматические образования по физико-механическим свойствам являются более благоприятными для локализации золотого оруденения (в период эпигенеза), чем вулканогенно-осадочные и осадочные отложения. Последние, как более пластичные и текучие, являлись менее благоприятными объектами трещиннообразования и золотоотложения, хотя, в целом, они и определяют общий стратиграфический уровень золотоносности.

Таким образом, промышленное золотое оруденение Коммунарковского месторождения контролируется трещиноватостью и мелкими разрывными нарушениями в благоприятных для трещиннообразования породах при условии расположения последних в продуктивной пачке – в нижних частях разреза вулканогенно-осадочной толщи.

Эта закономерность особенно хорошо видна на примере даек. Так, в дайке “Северная-2” промышленное оруденение отмечается только на верхних горизонтах, где вмещающими породами являются вулканогенно-осадочные отложения (горизонт штольни 12); при переходе дайки в порфириды нижней диабазово-порфиритовой толщи промышленное оруденение резко затухает (горизонты штолен 13 и 15).

Таким образом, в целом структура рудного поля Коммунарковского месторождения отвечает понятию стратиформного оруденения, а в деталях определяется физико-механической неоднородностью и особенностями литологического состава вмещающих пород.

В пострудный этап стратиформного рудообразования произошло усложнение структуры рудного поля: в его пределах интенсивно проявилась разрывная блоковая тектоника. Оно было разбито на многочисленные разные по величине тектонические блоки, испытывавшие значительные дифференциальные перемещения относительно друг друга. Как следствие, участки с промышленным стратиформным оруденением также испытали относительные смещения с амплитудой от первых метров и первых десятков метров до 400 м и более. В этот этап произошло образование золотоносных кварцевых жил, связанных с внедрением гранитов.

Разломы и их роль в локализации золотого оруденения

Разрывные структуры Коммунарковского месторождения представлены двумя основными морфологическими группами: 1 – участками дорудной трещиноватости и 2 – линейными разрывами. Последние по отношению к стратиформному золотому оруденению подразделяются на две возрастные группы: а) – дорудные и позднерудные, как правило, не превышающие в длину нескольких, реже многих десятков мет-

ров, и вмещающие золотокварцевые и золото-сульфидно-кварцевые жилы, и б) – пострудные, секущие стратиформные рудные тела, характеризующиеся, как правило, значительной амплитудой – до 400 м и более, и значительной протяженностью, составляющей многие сотни метров и первые километры.

Пострудные разрывные нарушения, создавшие блоковую тектонику, являются дорудными по отношению к золото-сульфидно-кварцевым жилам II этапа образования.

Дорудные и позднерудные разрывные нарушения, локализирующие стратиформное промышленное золотое оруденение, представлены участками мелкой трещиноватости, сформировавшей штокверковый тип оруденения, и линейными разрывными нарушениями, локализовавшими золотокварцевые жилы.

Зоны трещиноватости, развитые на отдельных участках, в пределах диоритовых тел габбро-диоритового комплекса, вмещают основной промышленный тип оруденения – штокверковый. Анализ трещиноватости в штокверках, проведенный в разные годы разными исследователями, показывает, что в разных участках рудного поля, даже отстоящих друг от друга на значительные расстояния как по вертикали, так и по горизонтали, мелкие трещины повсюду характеризуются устойчивыми и постоянными элементами залегания. Они ориентированы в северо-восточном, субширотном направлении и характеризуются крутым северо-западным и реже северо-восточным падением (азимут простирания 60° , углы падения $70-80^\circ$). Их ориентировка обусловлена регионально проявленным стрессом, вызвавшим формирование складчатых структур рудного поля. Можно согласиться с выводами Н.А. Фогельман о том, что плотность трещиноватости возрастает к крыльям пологих складок, осложняющих общую моноклиналную структуру вмещающих толщ. В пользу этого вывода свидетельствуют слабые пликативные дислокации серий золотокварцевых прожилков на отдельных участках рудного поля, расположенных вне зон влияний более поздних разрывных нарушений (карьер Подлунный, горизонт 845 м). Разное направление падения трещин, отмечаемое для разных участков рудного поля, видимо, говорит о приуроченности последних к разным крыльям мелких складок.

По геологическим наблюдениям, возраст трещинообразования и золотокварцевых прожилков и мелких жил штокверков позднепротерозойский, что подтверждается определениями абсолютного возраста галенита из рудных тел Коммунарковского месторождения.

Линейные разломы дорудного и внутрирудного возраста подразделяются, в соответствии с двумя возрастными этапами золотого оруденения, на две возрастные группы: 1 – дорудные позднескладчатые, предположительно позднепротерозойского возраста, и 2 – внутрирудные постскладчатые, но образовавшиеся до внедрения гранитных интрузий (времени становления Солгонского массива), предположительно раннепалеозойского возраста.

К первой группе, судя по описаниям Д.И. Калинникова и нашим наблюдениям, относятся кулисообразно располагающиеся разрывные нарушения северо-восточного, субширотного простираний, выполненные золотосодержащим кварцем (золотокварцевый минеральный тип). В пределах зон сместителей разломов локализовались

Старо-Подлунная, Ново-Подлунная и Масловская “жилы” или линейные зоны кулисообразно расположенных протяженных линз, указывающих на формирование так называемых “вязких” трещин (Судовиков, 1965).

Ко второй группе относятся мелкие разрывные нарушения северо-восточного (от субмеридионального до субширотного) простираения, в пределах которых локализованы золото-сульфидные кварцевые жилы золото-серебряного типа. В эту группу входят разломы, локализирующие жилы Белую, Серую, Январскую, Спорную, “Рудное тело 11” и ряд других.

Вторая группа разломов, видимо, была заложена в конце протерозоя – в начале палеозоя, до внедрения Солгонской интрузии; нарушения являлись благоприятными структурами для локализации как золото-сульфидно-кварцевых жил, так и жильных производных интрузии. Позднее, после становления Солгонской интрузии и образования ее дериватов, тектонические движения по многочисленным трещинам возобновились. Это привело к тому, что в настоящее время тектонические разрывные нарушения указанных систем и локализируют золотоносные кварцевые жилы, и смещают последние вместе с дайками.

Пострудные разрывные нарушения на Коммунарском рудном поле представлены особенно широко и являются наиболее значительными по протяженности и амплитуде. По ориентировке в пространстве можно выделить 5 основных систем дизъюнктивов, включая две вышеназванные:

I система – разрывы северо-восточного (до субмеридионального) простираения (азимут простираения $10-30^\circ$) характеризуется устойчивым восточным падением (углы падения $50-60^\circ$); сюда относятся Масловский, Масловский-2, Апрельский, Меридиональный и др..

II система – субширотные разломы (азимут простираения 60° , падение юго-восточное под углом $50-60^\circ$); сюда относятся разрывы Центральный, Сульфидный, Октябрьский и ряд других, характеризующихся аналогичными условиями залегания.

I и II системы нарушений образованы в результате подновления внутрирудных разломов соответствующих направлений. Поэтому они, с одной стороны, вмещают рудные жилы, с другой – смещают их.

III система – разрывные нарушения северо-западного направления (азимут простираения $330-340^\circ$) и крутого, преимущественно северо-восточного падения. Это трещины отрыва, парагенные трещинам скалывания I и II систем.

IV система – северо-восточные разрывы, близкие по простираению к I системе, но характеризующиеся более пологими углами падения ($40-50^\circ$). Эта система отвечает межпластовым трещинам скола и отрыва.

V система – пологие разноориентированные дизъюнктивы преобладающей широтной ориентировки; падение сместителей к северу под углами до $30-40^\circ$.

Общим для всех названных, и особенно для двух первых систем разрывных нарушений является следующее:

1. Разломы сопровождаются зонами трещиноватости и расслаивания пород, затрагивающими золоторудные тела; плоскости сместителей трассируются глинками трения.

2. Разломы смещают все дайковые и жильные производные Солгонской интрузии, включая так называемые “пострудные” дайки березитизированных “малхитов” (термин В.А. Обручева) и сиенито-диоритов, возраст которых, по Б.Д. Васильеву, мезозойский.

3. Движения по нарушениям носят взбросо-сдвиговый характер, причем, все восточные и юго-восточные блоки разломов надвинуты на западные и северо-западные, а сдвиги характеризуются левосторонними смещениями.

4. Часть разрывных нарушений испытала не менее двух этапов движений. Так, анализ перемещений по Центральному разлому показывает, что в первый этап, имевший место до становления Солгонской интрузии, амплитуда смещений даек диорит-порфиритов достигала 400 м, а после внедрения интрузии и формирования ее дайковых производных, амплитуда смещения по этому же разлому увеличилась на нескольких десятках метров, судя по дислокациям даек малхитов.

Несколько необычным среди пострудных разрывных нарушений является Сактычульско-Федоровский шарнирный сброс запад-северо-западного простираия. Амплитуда смещения его северного крыла оценивается в 600 м, а южного гораздо меньше. Восточный блок по этому разлому поднят относительно северо-западного. Возможно, он является частью более протяженного регионального разлома, возраст которого, по Д.А. Лобанову, предположительно девонский. Этот разлом, видимо, раннего заложения, т.к. контролирует внедрение тел габбро-диоритового комплекса, но проявился в пострудный этап как наиболее крупноамплитудный разрыв в пределах рудного поля.

Блоковая тектоника. В результате проявившихся движений по описанным разломам рудное поле было расчленено на ряд разновеликих тектонических блоков, испытавших относительные перемещения. В пределах Коммунарковского рудного поля выделяется три блока I порядка: Северо-Западный, Восточный и Юго-Западный, разделенные друг от друга соответственно Сактычульско-Федоровским и Центральным разломами.

Дополнительно к названным выделяется Южный тектонический блок, отделенный одноименным разрывом от Юго-Западного и Восточного блоков.

В пределах каждого из названных блоков, особенно Северо-Западного, в свою очередь, выделяется ряд более мелких тектонических блоков, также испытавших смещения относительно друг друга.

Промышленное оруденение отмечено во всех трех блоках первого порядка. Эти структуры являются более молодыми по отношению к золотому оруденению, т.к. смещают не только промышленные рудные тела, но и так называемые “пострудные” дайки малхитов и сиенит-диоритов, что отчетливо видно на геологических планах и разрезах.

Намечаются два этапа наиболее значительных движений по пострудным разрывам. I этап характеризуется значительными смещениями силлов и даек габбро-диоритового комплекса, амплитуда которых составляет сотни метров. Он имел место до становления Солгонской интрузии и по времен относится к позднему протерозою – раннему палеозою. II этап характеризуется небольшими амплитудами смещения –

порядка первых, реже нескольких десятков метров. Он проявился после внедрения жил и даек Солгонской интрузии и по времени является постсилурийским.

Движения I этапа имели место после образования штокверкового, а движения II этапа – после формирования золото-сульфидно-кварцевого оруденения; разломы этого возраста смещают рудные тела обоих типов.

Таким образом, в результате дифференциальных перемещений промышленное оруденение в соседних тектонических блоках оказалось на разной гипсометрической отметке, относительно первоначального положения, т.к. блоковые перемещения сильно изменили положение базиса промышленного оруденения – подошвы верхней вулканогенно-осадочной толщи.

Пликативные дислокации и их роль в контроле золотого оруденения

Роль пликативных дислокаций в контроле промышленного оруденения несомненна, но плохо изучена, поскольку в последние три десятилетия этот вопрос рудничной службой даже и не ставился. Априорно считалось, что пликативные дислокации к контролю золотого оруденения отношения не имеют. Промышленное оруденение связывалось исключительно с разрывными нарушениями сначала в габбро-диоритах, а позднее и в других породах рудного поля; все нарушения считались дорудными.

Впервые на роль пликативных структур в контроле золотого оруденения указала Н.А. Фогельман. По ее мнению, отдельные крупные рудные тела (“месторождения”), такие как Масловское (рис. 20а), залегают в замках антиклинальных складок с амплитудой несколько десятков метров и размахом крыльев до 100–150 м. Кроме того, ею были приведены примеры приуроченности отдельных золотокварцевых жил (Пятилетка, Встречная) к крыльям складок. Одновременно она показала, что зона трещиноватости, вмещающая штокверк месторождения Подлунный голец, также образована в результате складчатости, усложняющей морфологию силла, в котором заключено оруденение.

По наблюдениям автора, в пределах Коммунарковского рудного поля среди пород верхней вулканогенно-осадочной толщи отмечаются складки разных порядков, осложняющие общую моноклиналиную структуру вмещающих отложений. Наиболее легко выделяются складки с размахом крыльев в первые десятки метров. Анализ элементов залеганий пород вулканогенно-осадочной толщи показывает, что в центральной части рудного поля могут быть встречены даже узкие опрокинутые складки, близкие к изоклинальным.

По данным рудничных геологов и наблюдениям автора, складчатый контроль устанавливается для рудных тел Апрельского месторождения (рис. 20б) и “жилы” Золоторос (рис. 21), что подтверждает более ранние выводы Н.А. Фогельман. Большая часть рудных тел Апрельского месторождения приурочена к замку синклинали, полого погружающейся на северо-восток под углом 10–20°. В ее сложении участвует силл диоритов, в пределах которого и локализовано оруденение. Отмечается четкий

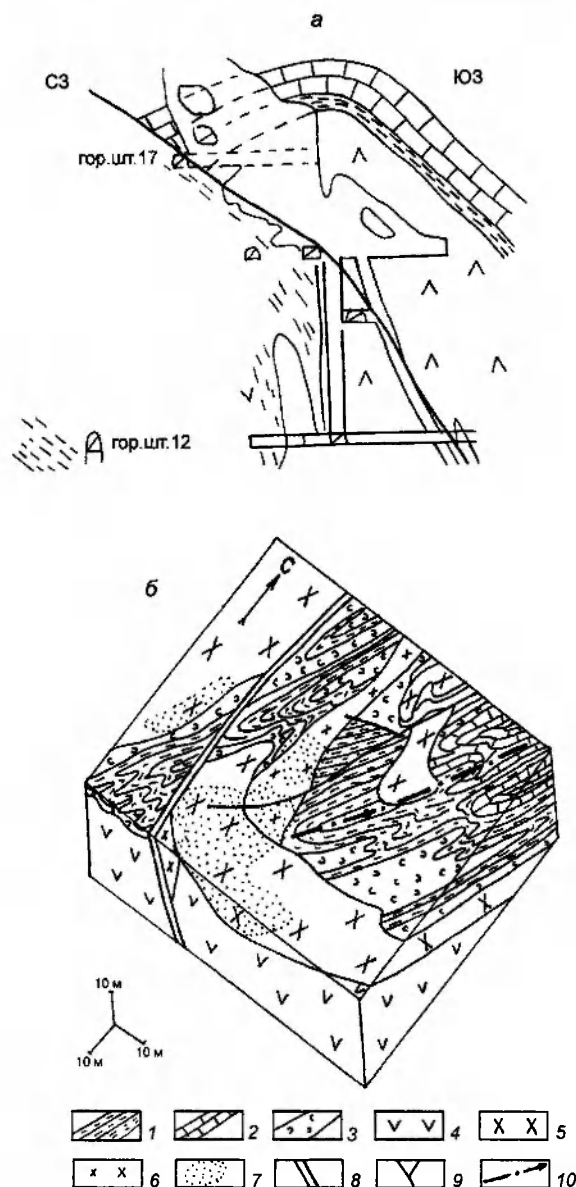
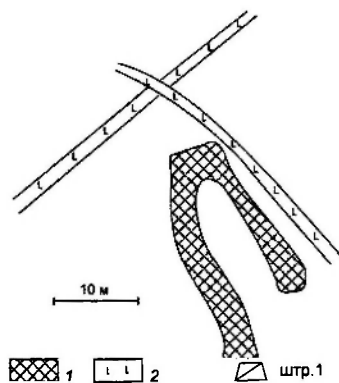


Рис. 20. Коммунарское месторождение

a – структурное положение “месторождения” Масловское I в замке антиклинали, поперечный разрез. *б* – приуроченность “месторождения” Апрельское к замку синклинали складки. Аксонометрия. Составлены с использованием материалов рудничной службы (Григоров В.Т., Скушников В.Л., 1979 г.)

1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – кислые эффузивы; 4 – основные эффузивы; 5 – диорит-порфиры I; 6 – диорит-порфиры II; 7 – окварцевание; 8 – крупный разлом; 9 – прочие разрывные нарушения; 10 – положение оси синклинали складки и направление ее погружения

Рис. 21. Обратнo-седловидная форма “жилы” Золоторос. Поперечный разрез. По данным отработки (1913 г.)
1 – золотоносная жила; 2 – дайки порфиритов



литологический контроль локализации “жилы” Золоторос, отрабатывавшейся в начале второго десятилетия XIX века, приуроченной к замку и крыльям антиклинальной складки. Установлена также приуроченность некоторых золоторудных жил (Январская, Встречная) к контактам диоритов со сланцами на участках, осложненных складками более высокого порядка.

Можно полагать, что в пределах рудного поля весьма вероятна встреча седловидных золотоносных кварцевых жил типа “жилы” Золоторос.

Приведенные факты убедительно свидетельствуют о приуроченности золотого оруденения к пликативным структурам, что определяет необходимость проведения специальных геологических исследований складок и других проявлений тектоники: соотношений слоистости и кливажа, осей мелких складок, складок волочения, линейности и т.п. При внедрении подобной методики эффективность геологоразведочных работ значительно возрастет.

Роль литолого-петрографического состава вмещающих пород в локализации промышленного золотого оруденения

Установленная закономерность стратиграфической приуроченности промышленной золотоносности к низам верхней вулканогенно-осадочной толщи с позиции магматогенно-гидротермальной теории рудообразования объяснения не имеет. Но если подойти к этому вопросу с предположением о первичной повышенной кларковой золотоносности вмещающих углисто-глинистых, углисто-кремнистых, битуминозных карбонатных пород, кислых и средних эффузивов и их туфов, как это установлено для ряда золоторудных месторождений (Мурунтау, Советское, Сухой Лог, Олимпиадинское), то никаких проблем не возникает.

Для оценки золотоносности вмещающих отложений Коммунарковского месторождения автор изучал характер распределения содержаний золота в разных породах (табл. 4). В результате установлено, что отмечаемая многими исследователями месторождения пространственная связь интенсивности промышленного оруденения в

**Таблица 4. Сравнительная характеристика золотоносности пород
Коммунарковского месторождения**

Породы	В числителе среднее содержание Au в г/т, в знаменателе число проб	В числителе дисперсия откло- нения от среднего содержания Au, в знаменателе число проб
Порфириты диабазово-порфиритовой толщи	$\frac{0,80}{1000}$	$\frac{0,63}{1000}$
Порфириты верхней толщи внутри промышленных контуров	$\frac{6,3}{1000}$	$\frac{0,93}{1000}$
Диориты, диорит-порфириты и габбро- диориты внутри промышленных контуров	$\frac{4,2}{655}$	$\frac{0,32}{655}$
То же, вне промышленных контуров	$\frac{2,8}{754}$	$\frac{10,61}{754}$
Углисто-глинистые сланцы с прослоями известняков и туфов вулканогенно-осадоч- ной толщи вне промышленных контуров	$\frac{0,44}{800}$	$\frac{0,32}{800}$
То же, в пределах промышленных контуров	$\frac{2,3}{800}$	$\frac{0,82}{800}$

Аналитическая служба Иргиредмета, 1979 г.

диоритах с наличием на их контактах черных углисто-глинистых сланцев имеет достоверную основу, что подтверждается повышенной золотоносностью последних.

Наблюдения показали, что среди углисто-глинистых сланцев отмечаются прослои с повышенным содержанием углерода и сингенетичного пирита. Зальбанды рудных тел Масловского месторождения, контактирующие с породами такого типа, характеризуются наиболее богатым промышленным оруденением. Гистограммы распределения содержаний золота в сланцах вне контуров рудных тел и в пределах последних показывают, что если первые характеризуются фоновой предрудной золотоносностью, т.е. содержаниями класса до 0,8–1,0 г/т, то, наоборот, сланцы из рудных контуров отличаются содержаниями классов промышленной золотоносности, т.е. более 2,0 г/т.

Сравнение гистограмм распределения золота в порфиритах нижней диабазово-порфиритовой толщи с данными, полученными по диоритам, диорит-порфиритам и сланцам верхней толщи, показывает, что порфириты характеризуются несколько повышенным, но ровным фоновым значением золотоносности, в то время как диориты, в основном локализирующие оруденение, и особенно вмещающие их углистые сланцы, характеризуются значительно дифференцированными значениями содержаний золота (особенно в пределах промышленных контуров) по разным участкам, но в пределах однородных по структурным условиям частей рудного поля. Как отмечают Н.В. и Н.А. Росляковы (1975), именно значительная дифференциация содержаний золота и характерна для пород участков месторождений с промышленным оруденением.

Непосредственно для Коммунарковского месторождения установлена связь золотоносности рудных тел со следующими породами: черными и светлыми битуминозными известняками (верхние горизонты месторождения), черными углистыми с пиритом сланцами (нижние горизонты месторождения), туфами кислых эффузивов.

Н.А. Фогельман обнаружила в пределах центральной части месторождения 5 продуктивных горизонтов, которые позднее не стали прослеживать и картировать. Кроме того, она отметила наличие среди углисто-глинистых сланцев прослоев кремнистых разностей с остатками радиолярий, а С.С. Ильенок указал на кремнистые породы как на один из наиболее вероятных источников золота и даже предлагал их в качестве главных объектов поисков.

Повышенная кларковая золотоносность углеродистых и углерод-кремнисто-глинистых сланцев – накопителей золота в процессе седиментации, диагенеза и метаморфизма (Акулышина, 1985; Асаналиев, 1982, 1984; Буряк и др., 1988), доказана для многих золоторудных полей. Поэтому отмеченная автором приуроченность промышленного золотого оруденения к низам верхней вулканогенно-осадочной толщи должна рассматриваться именно с этих позиций. Наиболее вероятными источниками золота являются следующие разности пород: 1 – углистые, углеродсодержащие глинистые сланцы, туфосланцы, 2 – углисто-кремнистые и углисто-кремнисто-глинистые сланцы, 3 – битуминозные, особенно черные известняки, 4 – туфы и 5 – впервые отмеченные нами туфолавы кислых эффузивов.

Туфолавы кислых эффузивов, как показали наши исследования в пределах Восточно-Монгольского вулканического пояса (Григоров, 1982), позднее подтвержденные наблюдениями на Балейском и Куранахском месторождениях (1988 г.), повсеместно характеризуются повышенной золотоносностью, а иногда являются объектами разработки, правда, при низких промышленных содержаниях (1,5–2 г/т, Балейский опытно-промышленный карьер).

Следует заметить, что золото часто связано с углеродистым (углистым) веществом. Специальными исследованиями Ирригедмета, в которых принимал участие автор, в пределах рудного поля установлено наличие двух разностей углерода, в том числе такой, которая отрицательно влияет на процесс извлечения золота из руд по причине сильной сорбции золота.

Из вышесказанного следует, что литолого-петрографические особенности вмещающих пород Коммунарковского рудного поля оказывают существенное влияние на промышленную золотоносность, т.е. на распределение рудных тел в пространстве.

Основные закономерности пространственного распределения промышленного золотого оруденения

Из анализа структурных факторов контроля промышленного золотого оруденения, а также его приуроченности к определенному стратиграфическому горизонту, вытекают следующие главные закономерности его пространственного распределения – с учетом наличия двух разных возрастных и морфологических форм оруденения (штокверкового и жильного), а также двух минералогических типов (золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого или золото-серебряного):

1. Штокверковый золото-кварцевый тип оруденения приурочен к sillам диоритов габбро-диоритового комплекса и подчиненно – к прослоям эффузивов в участках

осложнения их условий залегания складками высоких порядков. Этот тип оруденения также отмечается в дайках при условии их расположения среди пород вулканогенно-осадочной толщи, близости пород с высокой кларковой золотоносностью (углисто-глинистых сланцев, известняков и эффузивов) и наличии благоприятных рудоконтролирующих складчатых или трещинных структур.

2. Жильный золото-сульфидно-кварцевый (золото-серебряный), а также жильный комбинированный золотокварцевый и золото-сульфидно-кварцевый типы оруденения приурочены к разрывным нарушениям в породах вулканогенно-осадочной толщи, а также к контактам различных пород: сланцев, диоритов, эффузивов и известняков.

3. Проблематично отмечается редкий жильный золотокварцевый тип оруденения, представленный седловидными жилами (жила Золоторосс, жила Пятилетка и др.) и жилами в "вязких" трещинах, сформировавшимися на стадии, когда породы вулканогенно-осадочной толщи еще не утратили своей пластичности в период складчатости, т.е. не были полностью литифицированы (карьер Подлунного гольца).

Вопросы возраста и генезиса золотого оруденения

Ретроспективный анализ разрывной тектоники в увязке с возрастом Солгонской интрузии позволяет не согласиться с общепринятым сейчас представлением о формировании промышленного золотого оруденения в один этап и его генетической связи с указанным массивом. Наши наблюдения подтверждают прежние представления Ю.А. Кузнецова и А.Я. Булынникова о том, что штокверковый золотокварцевый тип оруденения является более древним, условно протерозойским, а золото-сульфидно-кварцевый жильный тип оруденения – более молодым раннепалеозойским, генетически связанным со становлением Солгонской интрузии. В пользу двух разновозрастных этапов золотого оруденения свидетельствуют следующие факты:

1. Нашими наблюдениями, правда, на ограниченном материале, устанавливается наличие двух возрастных групп сульфидов и, в частности, пиритов. Сульфиды I возрастной группы являются высокозолотоносными, сульфиды же II возрастного поколения – практически незолотоносны. Так, содержание золота в пиритах первой возрастной группы составляет 294–388 г/т (пробы к-2, к-2.1), в то время как в пиритах второго возрастного поколения, ассоциирующих со сфалеритом, галенитом, и блеклой рудой с высоким содержанием серебра – не более 10–30 г/т (пробы к-1, к-3, к-4), т.е. на порядок меньше (табл. 5).

Приведенный материал подтверждает наблюдения С.С. Ильенка о том, что существует две стадии образования сульфидов, и что их основная масса возникла после золотого оруденения золотокварцевого типа.

2. А.Ф. Коробейников указывал, что в рудных телах Коммунарковского месторождения существуют две разновидности золота: высокопробное (проба не ниже 900), ассоциирующее со штокверковым типом оруденения и отмечающееся в ассоциации с актинолитом, и более низкопробное (проба не выше 750) в ассоциации с сульфидами

**Таблица 5. Пробность золота и содержание золота и серебра в сульфидах
Коммунаровского месторождения**

Минералы	Номер пробы	Место взятия	Содержание, г/т		Пробность золота
			Au	Ag	
Сульфиды I возрастной группы:					
пирит I	к-2	р.т. 4, гор. 924 м	294,5	—	986
пирит I	к-2-1	р.т. 4, гор. 924 м	388,0	—	992
арсенопирит I	к-1	р.т. 11, гор. 912 м	101,4	—	990
арсенопирит I	к-2	р.т. 4, гор. 924 м	83,6	—	986
Сульфиды II возрастной группы:					
пирит II	к-1	р.т. 11, гор. 912 м	30,4	—	990
пирит II	к-3	р.т. 11, гор. 905 м	0,7	—	984
пирит II	к-4	р.з. Пологая, гор. 1132 м	10,2	—	989 918 ^{*)}
пирротин	к-4	р.з. Пологая, гор. 1132 м	10,0	—	989 918 ^{*)}
пирротин	к-2	р.т. 4, гор. 924 м	10,2	—	986
пирротин	к-2-1	р.т. 4, гор. 924 м	4,9	—	992
арсенопирит II	к-4	р.з. Пологая, гор. 1132 м	16,8	—	989 918 ^{*)}
сфалерит	к-3	р.т. 4, гор. 905 м	1,5	2524,3	984
галенит	к-3	р.т. 4, гор. 905 м	0,3	2312,5	984
блеклая руда	к-3	р.т. 4, гор. 905 м	4,0	7487,2	984

Хим. лаб. Иргиредмета, аналитик А.Г. Гребенникова; ^{*)} – вторая разновидность золота.

полиметаллов и серебром. Этот факт подтверждается результатами исследований автора.

3. При изучении прозрачных и полированных шлифов из рудных тел Коммунаровского месторождения устанавливается наличие не менее двух разновозрастных и разных по минералогическим свойствам кварца: 1 – темно-серый, часто несущий следы катаклаза и ассоциирующий с актинолитом и высокопробным золотом, и 2 – молочнобелый мутный, ассоциирующий с поздними сульфидами – пирротином, реже галенитом и сфалеритом. Темно-серый кварц дает постепенные переходы к кварцам, слагающим прослой в кремнисто-глинистых сланцах.

4. Прямыми наблюдениями и при анализе рудничной документации устанавливаются факты пересечения рудных тел золотощтокверкового золотого оруденения золотосодержащими кварцевыми жилами золото-сульфидно-кварцевого типа (гор. 845 м, штрек 41), а последних – дайками малхитов и сиенито-диоритов.

Из вышесказанного заключаем, что образование промышленных руд Коммунаровского месторождения происходило в два разновозрастных этапа и в три стадии.

I этап – этап образования промышленного золотого оруденения: одностадийный этап формирования стратиформного штокверкового оруденения, представленного золотокварцевым (золотокварцевым, малосульфидным) минеральным типом с актинолитом. Этот вывод подтверждается данными С.С. Ильенка и М.В. Денисовой.

Месторождения и отдельные рудные тела стратиформного типа оруденения локализованы в замках складок силлов эффузивов, углеродистых сланцев, известников и туффов. Реже рудные тела отмечаются в участках пликтивных дислокаций даек

габброидов и представлены золотокварцевым прожилковым и наложенным золото-сульфидным вкрапленным минеральными типами. Морфологически это оруденение штокверкового типа. Оно подчинено четкому стратиграфическому и складчатому контролю (см. рис. 19, 20а,б, 21).

Стратиформный штокверковый тип оруденения представлен месторождениями Масловское I (см. рис. 19) и Масловское II, Подлунный голец, Апрельское; штокверково-дайковый тип представлен оруденелыми дайками – Апрельская, Масловская. На четкий литолого-стратиграфический контроль штокверкового оруденения впервые указала Н.А. Фогельман еще в 1952 г., выделив три основных продуктивных горизонта.

Источником золота штокверкового и дайкового типа оруденения явились вмещающие вулканогенные и вулканно-осадочные породы: подавляющее большинство установленных промышленных штокверков и рудоносных даек локализируются в нижних горизонтах полуденной вулканогенно-осадочной толщи (см. рис. 19), что позволяет прогнозировать обнаружение промышленного оруденения за пределами установленных геологической службой границ золотоносности. Нижняя пачка пород полуденной толщи выделяется нами как продуктивная на золотое штокверковое оруденение и оруденение в прослоях пород.

II этап образования промышленных руд Коммунарковского месторождения двухстадийный. Первая стадия – главная, основная стадия II этапа. Она проявилась до формирования так называемых “пострудных” даек малхитов и сиенито-диоритов, относимых одними исследователями к дайковым производным Солгонской интрузии (А.Ф. Коробейников, С.С. Ильенко), другими к самостоятельному интрузивному комплексу девонского или даже мезозойского возраста (Б.Д. Васильев). В эту стадию происходило формирование преимущественно жильного оруденения, представленного золото-сульфидно-кварцевым (золото-серебряным) типом и наложение последнего на отдельных участках рудного поля на оруденение предыдущего этапа рудообразования. Наложение золото-серебряного типа оруденения на золотокварцевый наблюдалось М.В. Денисовой для рудной зоны Пологой и автором в пределах безымянного рудного тела гор. штольни 6 (квершлаг 57).

Вторая стадия II этапа проявилась после образования “пострудных” даек малхитов и сиенито-диоритов. Пострудный характер малхитов (по отношению к золото-кварцевым жилам) установил еще В.А. Обручев, который посетил месторождение в начале века. Данные опробования свидетельствуют, что названные дайки секут золоторудные штокверки и жилы и несут промышленное оруденение на участках, где вмещающие их породы входят в контур промышленных запасов руд. Этот факт мы, вслед за Данном (Dunn, 1924), объясняем заимствованием золота гидротермальными растворами, сопровождавшими становление даек, из окружающих пород и отложением его в самих дайках. Этот процесс подобен ассимиляции золота гранитной магмой при внедрении последних в породы рамы с повышенной золотосностью. Именно так мы объясняем формирование промышленной золотоносности Чибижевского месторождения (Ольховское рудное поле; Григоров, 1986 г.) и второй, более молодой стадии золотого оруденения Синюхинского месторождения, связанного со становле-

нием гранитов Мартайгинского комплекса. Первая стадия оруденения Синюхинского месторождения представлена стратиформными телами золотоносных скарнов, образованных в процессе регионального метаморфизма, предшествовавшего внедрению гранитов.

Не исключено, что формирование золото-сульфидно-кварцевого оруденения также происходило частично за счет ранее образованных золотокварцевых штокверков, а частично золото поступало из кристаллизующейся магмы. Продолжая аналогию, полагаем, что и образование золотокварцевых штокверков явилось результатом мобилизации и переотложения золота из вмещающих вулканогенно-осадочных пород, особенно углисто-глинистых и углисто-кремнистых сланцев, темных известняков и частично переотложенных туфов кислых эффузивов в процессе их зеленокаменного перерождения.

Именно с процессом “диоритизации” протерозойских габбро-диоритов (которые многие исследователи, и автор в их числе, считают эффузивами) связывал золотое оруденение Подлунного гольца С.С. Ильенок (1970), но он полагал, что эти процессы протекали в раннем палеозое, т.к. образование золотоносных скарнов Калиостровского месторождения связывал с диоритами Солгонской интрузии.

Нами представляется более вероятным позднепротерозойский возраст метаморфических процессов, которые мы связываем с зеленосланцевой фацией метаморфизма, относимой большинством исследователей к регионально проявленным наложенным процессам позднего протерозоя.

ВЫВОДЫ

На основании изложенных материалов нами принимается, что промышленное золотое оруденение Коммунарковского месторождения является полигенным и сформировалось в два этапа и в три стадии.

I этап рудообразования – одностадийный. Происходит формирование рудных тел золотокварцевого (золотокварц-сульфидного) минерального типа, характеризующегося образованием высокопробного золота, ассоциирующего с кварцем и золотосодержащими сульфидами – пиритом и арсенопиритом. По возрасту оно приурочено к завершающим этапам позднепротерозойской складчатости, а пространственно – к нижней пачке пород вулканогенно-осадочной толщи зеленосланцевой фации регионально проявленного метаморфизма, сопровождавшегося гидротермальной деятельностью. Основной морфологический тип оруденения штокверковый – стратиформные залежи и рудоносные дайки в пределах продуктивной пачки верхней свиты, хотя известны и жилы (типа седловидных или локализованные в “вязких” трещинах, по терминологии Н.Г. Судовикова (1964)): Старо- и Ново-Подлунная, Масловская и др.. На участках, подвергшихся более позднему прогреву за счет тепла Солгонской интрузии, золото из рудных тел этого этапа частично или полностью мигрировало.

II этап рудообразования – двухстадийный. I стадия II этапа – формирование жильного золото-сульфидно-кварцевого или золото-серебряного типа оруденения. Золото

II этапа более низкопробное и ассоциирует с незолотоносными сульфидами. I стадия проявилась после периода интенсивных тектонических перемещений, последовавших после I этапа рудообразования, значительно сместивших ранее образованные золоторудные тела. Тогда же имело место значительное перераспределение на отдельных участках золотого оруденения I этапа, его перенос и повторное отложение, но в новой минеральной форме, главным образом, вдоль разломов и в зонах их влияний; перенос золота оценивается на многие десятки, возможно, сотни метров.

Во II стадию происходило незначительное (десятки метров) смещение ранее образованных рудных тел и частичное перемещение золота с формированием современных промышленных контуров. Амплитуда этих последних перемещений не превышала 10 метров и существенно не влияла на обнаружение смещенных частей рудных тел, хотя для практических целей разработки месторождения это обстоятельство не может не учитываться.

Выделенные этапы и стадии формирования промышленного оруденения находятся в прямой связи с двумя этапами блоковых перемещений. Промышленные контуры рудных тел I этапа испытали двукратное перемещение, смещены в пространстве от многих десятков метров до 300–400 м и более, рудные тела II этапа смещены на расстояние от нескольких метров до 8–10 м.

Учитывая изложенное, представляется возможным сделать главное заключение, что промышленное золотое оруденение Коммунарковского месторождения является полигенетическим и полихронным: оруденение I этапа стратиформное позднепротерозойское, а оруденение II этапа магматогенно-гидротермальное раннепалеозойское, жильное.

Глава 4

ТИПОМОРФНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Основные черты геологического строения стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау определяются условиями залегания, литологией и структурой вмещающих осадочных и вулканогенно-осадочных метаморфических пород. Условия образования оруденения характеризуются наложением разных рудообразующих процессов, среди которых ведущее место отводится накоплению золота в стадию седиментогенеза и диагенеза, а также мобилизации золота из вмещающих первичноосадочных и вулканогенно-осадочных пород под воздействием гидротерм различного, но, как правило, непостмагматического происхождения.

Наиболее типичным источником гидротермальных растворов является региональный метаморфизм, на основании чего предлагается второе название стратиформных золоторудных месторождений – “стратиформные метаморфогенные (гидротермально-метаморфогенные или метаморфогенно-гидротермальные) золоторудные месторождения”.

Главными факторами, влияющими на образование стратиформных золоторудных месторождений, являются следующие:

1. Стратиграфический контроль. Докембрийское стратиформное золотое оруденение Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау, как и других районов юга Сибири, локализовано в отложениях рифея (Фомин, Григоров, 1983), занимая разные стратиграфические уровни и горизонты, которые в разных регионах имеют разные стратиграфические названия. В Енисейском кряже это кординская свита (Олимпиадинское месторождение), горбилокская и удерейская свиты (месторождения Советское и Эльдорадо); в Кузнецком Алатау – среднесаралинская свита (Саралинское месторождение), полуденная свита (Коммунарское месторождение); на Байкало-Патомском нагорье – свита хомолхо (месторождение Сухой Лог).

Стратиграфическое положение стратиформных золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау совпадает с самым продуктивным, позднепротерозойским стратиграфическим уровнем меденосности, на который приходится 47,8%

мировых запасов меди (Наркелюн, Трубачев, 1997; Наркелюн и др., 1983). Названные авторы, рассматривая рудные осадочные формации, указывают на связь кластогенного золота с бокситами и хемогенного золота с марганцем, свинцом, цинком, ураном и ванадием.

В целом золотоносные отложения рифея отвечают возрастному интервалу порядка 1100–1200 млн. лет (определения по глаукониту, район Советского месторождения) и характеризуются наличием остатков водорослей *Collenia* и *Newlandia* (Коммунарское месторождение). Само оруденение несколько моложе вмещающих золотоносных отложений. Так, для Советского месторождения возраст вмещающих пород 1100–1200 млн. лет, а возраст оруденения 950 ± 50 млн. лет. Возраст стратиформного золотого оруденения Коммунарского месторождения 900 млн. лет. Возраст вмещающих пород Аяхтинского и Васильевского месторождений 1200 млн. лет (Злобин и др., 1976).

2. Литологический контроль. Литологически благоприятными для стратиформного золотого оруденения породами являются черные углеродистые глинистые и кремнисто-глинистые сланцы с сингенетичным пиритом (месторождения Советское, Эльдорадо, Саралинское и Коммунарское); углеродистые известняки и кремнисто-карбонатные породы (месторождения Олимпиадинское и Коммунарское); вулканогенно-осадочные породы – туфолавы, туфы кислого и среднего состава, переотложенные туфы, туфосланцы (Коммунарское месторождение).

В углеродистых глинистых сланцах развивается вкрапленное золото-сульфидное (Коммунарское месторождение) и жильно-прожилковое золото-малосульфидно-кварцевое оруденение (месторождения Советское, Саралинское и Эльдорадо). В углеродистых карбонатных и кремнисто-карбонатных породах развивается вкрапленное золото-сульфидное оруденение (Олимпиадинское месторождение), характеризующееся тонким трудно извлекаемым золотом. В вулканогенно-осадочных породах разного состава отмечаются разные минералогические типы золотого оруденения: сульфидно-вкрапленный и золото-кварцевый жильно-прожилковый.

3. Складчатый контроль. Отмечается четкий структурный контроль стратиформного золотого оруденения – участки промышленной золотоносности приурочены к замкам, призамковым участкам и шарнирам складчатых структур, как антиклиналей, так и синклиналей. При этом концентрация золота в замках синклиналей несколько не ниже, чем в замках антиклиналей (Советское месторождение, 4 и 5-я рудные зоны; Коммунарское рудное поле, Масловское I и Апрельское месторождения). Порядок и размер складок определяет и масштабы оруденения, чем стратиформные месторождения и отличаются от магматогенно-гидротермальных: в первых проявляется эффект нагнетания рудного вещества в замки складок в период складкообразования.

4. Отношение стратиформного оруденения к гранитным интрузиям. Хотя и известны отдельные факты формирования стратиформных золоторудных месторождений под воздействием гранитных интрузий, когда их внедрение привело к созданию промышленных концентраций золота в первично золотоносных осадочных и вулканогенно-осадочных отложениях – Центральная Чукотка (Волков, 1995 г.), рай-

он Абнтиби, Канада (сообщение районного геолога L.S. Jensen), но это скорее исключение, чем правило.

Во всех исследованных нами районах стратиформное оруденение всегда древнее гранитных интрузий, т.е. не связано с последними. По отношению к стратиформному оруденению гранитоидный магматизм – синорогенные и особенно посторогенные “перемещенные” граниты – являются более поздними образованиями, запаздывающими по отношению к оруденению на 200–300, а в отдельных регионах (Коммунаровское, Саралинское месторождения) на 400–450 млн. лет. Например, на Советском месторождении возраст хлорита и серицита из измененных пород 570 млн. лет, а возраст золотого оруденения, как сказано выше, 950 ± 50 млн. лет. Возраст оруденения Олимпиадинского месторождения 847 млн. лет (Сазонов, 1998). На Коммунаровском и Саралинском месторождениях возраст стратиформного оруденения 900 млн. лет, а возраст молодых золотоносных жил, образованных в результате внедрения гранитов 600 млн. лет (табл. 6). По геологическим данным возраст молодых золотоносных жил определяется как салаирский (Коробейников, 1970, 1983, 1985). Вместе с тем следует заметить, что возраст стратиформного оруденения совпадает или близок возрасту развития гнейсовых и гранито-гнейсовых куполов и возрасту регионального метаморфизма (Григоров, 1983).

К выводу об отсутствии связи золотоносности с гранитами в Кузнецком Алатау пришел Б.Д. Васильев (1997). Он отмечает, что граниты, завершающие геосинклинальную стадию, в Кузнецком Алатау “золотоносны лишь там, где они замещают вещественные комплексы зон более древних рудоносных глубинных разломов”, и что “роль гранитоидных батолитов в золотом оруденении ничтожна”.

5. Отношение к разрывным структурам. Разломы, обуславливающие блоковую структуру докембрийского, а в отдельных регионах и палеозойского структурных ярусов, как правило, являются более молодыми по отношению к стратиформному золотому оруденению и приводят к разобщению в пространстве частей рудовмещающих структур, рудных зон и рудных тел стратиформного этапа образования (Советское, Коммунаровское и Саралинское месторождения). Это обстоятельство сильно затушевывает природу стратиформного оруденения и резко осложняет проведение поисково-разведочных работ, т.к. амплитуда смещения по разломам (и вертикальная, и горизонтальная составляющие) составляет от многих десятков до первых сотен метров (Советское и Саралинское месторождения), достигая 400–500 м (Коммунаровское месторождение).

6. Наложение более молодого теплового и гидротермального воздействия на стратиформное оруденение. При совмещении в пространстве районов развития стра-

Таблица 6. Средний изотопный состав и возраст свинца галенитов

Регион	Изотопный состав			
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{20}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Енисейский край	17,12	15,36	37,03	0,897
Кузнецкий Алатау	17,19	15,27	37,05	0,889
	18,41	15,98	38,78	0,868

тиформного золотого оруденения и более молодых по возрасту гранитоидов отмечается тепловое (Советское месторождение) и гидротермальное (Коммунарское и Саралинское месторождения) воздействие на сформированные золотоносные тела. Тепловое воздействие выражается в преобразовании вмещающих пород с развитием в них хлорита и серицита, реже порфириобласт биотита, которые нередко принимают за околорудные гидротермальные преобразования (Советское месторождение) (Бернштейн, Петровская, 1954). При этом сколько-нибудь значительного перераспределения золота не установлено.

Гидротермальное воздействие выражается в развитии в ранее образованных рудных телах или во вмещающих породах секущих трещин, выполненных более молодыми жильными и рудными минералами, т.е. ведет к перераспределению золота в пространстве (Коммунарское и Саралинское месторождения).

7. Геохимическая и минералогическая зональность. Стратиформное золотое оруденение отличается отсутствием вертикальной геохимической и минералогической зональности, столь характерной для магматогенно-гидротермальных рудных систем (Григорян, 1973; Коробейников, 1983). На отдельных участках развития стратиформного золотого оруденения отмечается литолого-стратиграфическая и метаморфическая зональность (Пузанов, 1985).

Стратиформное оруденение и геохимические ореолы рудных и нерудных элементов стратиформных рудных тел в общих чертах совпадают с положением контролирующих складчатых структур. Это позволяет говорить о конформности складчатых структур и древнего термального поля.

Иногда удается констатировать наложение более молодого термального поля на более древнее, вызвавшее образование стратиформного золотого оруденения, что фиксируется на юго-восточном фланге VI рудной зоны Советского месторождения.

8. Накопление золота на стадии осадкообразования и диагенеза и мобилизация его из вмещающих пород на стадии метаморфизма. Ремобилизация под воздействием наложенного термального поля. На стадии седиментогенеза и диагенеза происходит накопление золота в количествах порядка десятые доли г/т, до 1–2 г/т. Эти концентрации канадские геологи предлагают называть “предрудными”. При наложенном тепловом и гидротермальном воздействии, главным образом, на стадии регионального метаморфизма “предрудные” концентрации “перерастают” в рудные, т.е. золото (и другие рудные и нерудные минералы – кварц, сульфиды) мобилизуются из вмещающих пород. Происходит формирование стратиформного промышленного золотого оруденения.

из месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау (Волобуев и др., 1973, 1976)

Возраст, млн. лет				
$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	Средний
1150	1900	950	850	950
1100	2100	900	700	900
700	1200	500	550	600

Таким образом, предрудная концентрация золота происходит на стадии седиментогенеза и диагенеза, а рудная концентрация образуется на стадии метаморфогенного преобразования пород, результатом чего является формирование определенных “породорудных” (термин В.Г. Гарьковца) ассоциаций. Активным фактором при этом являются метаморфогенные гидротермальные растворы. Эти факты, как и нами, отмечены большинством исследователей золоторудных месторождений в разных регионах России и за рубежом (Буряк, 1973, 1985; Буряк, Бакулин, 2000; Буряк и др., 1988; Вилор, 1983, 2000; Григоров, 1985а; Коновалов, 1985; Прокофьев и др., 1994; Stanton, 1984). Образование повышенных концентраций золота на определенных стратиграфических уровнях при процессах метаморфизма успешно моделированы в Институте геохимии СО АН Д.С. Глюком (1994) и Н.В. Вилором (2000).

При наложении на стратиформные рудные тела более поздних гидротермальных растворов, связанных с внедрением гранитных интрузий, развитие которых определяется наличием разрывных нарушений и четкого вертикального градиента температур и сопутствующей геохимической и минералогической зональности, происходит повторная мобилизация золота и формируется новообразованное трещинно-жильное золотое оруденение (Коммунардовское и Саралинское месторождения).

9. Связь с основным вулканизмом. Стратиформное золотое оруденение формируется или в непосредственной близости (вулканогенно-осадочные вмещающие породы Коммунардовского и Саралинского месторождений), или на некотором удалении (терригенно-карбонатные и карбонатно-терригенные комплексы Советского месторождения) от зон проявления основного вулканизма, синхронного с осадкообразованием и, по-видимому, являющегося одним из источников накопления золота в осадках за счет выноса золота из мантии.

10. Связь со складчатостью и региональным метаморфизмом. Образование стратиформного оруденения отвечает этапу пликативных дислокаций вмещающих пород, т.е. по возрасту золотое стратиформное оруденение совпадает с возрастом складчатости и, соответственно, регионального метаморфизма. При этом отмечается совпадение интервалов температур образования рудных минералов и золота и температур метаморфического преобразования пород (Григоров, 1985а; Звягин, Сазонов, 1997; Ли, 1974; Сазонов, 1998).

11. Многоярусное расположение рудных тел. Для стратиформного метаморфогенного оруденения характерна многоярусность рудных тел, впервые отмеченная для месторождения Бендиго, Австралия (Dunn, 1929). При этом в описываемых регионах нередко фиксируется дисгармония складчатых форм рудных тел, залегающих в разных и даже в сопряженных ярусах (Советское и Олимпиадинское месторождения), а также независимость в размещении рудных тел относительно интрузивных массивов, штоков и даек магматических пород.

12. Связь с гранито-гнейсовыми куполами. Отмечается пространственная и временная связь стратиформного оруденения с гнейсовыми и гранито-гнейсовыми куполами (Олимпиадинское месторождение) (Григоров, 1983).

13. Высокая пробность золота. Золото стратиформных рудных тел золоторудных месторождений является высокопробным (проба 900–950). Отмечается неболь-

шая примесь серебра и меди. При этом пробность золота сохраняется без существенного изменения на всю вскрытую глубину месторождений (до 700–1000 м). В случаях установления пониженной пробности, как правило, устанавливается процесс наложения более молодого золотого оруденения, характеризующегося пробностью порядка значений 600–700 и повышенным содержанием серебра. Высокую пробность золота метаморфических комплексов отмечают и другие исследователи, сравнивая ее с пробностью новообразованного золота аллювия (Вилор и др., 1997).

14. Постоянство Р-Т условий рудообразования. Для стратиформного золотого оруденения в отличие от магматогенно-гидротермального характерна значительная выдержанность по простиранию и падению, что объясняется устойчивостью Р-Т условий. Обычно стратиформное золотое оруденение локализуется среди пород зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, хотя его присутствие отмечено и среди биотитовой, и даже амфибол-биотитовой фаций метаморфизма.

С целью типизации геологических черт стратиформных золоторудных месторождений, автором с учетом исследований В.А. Буряка (1982, 1985) и принципов классификации метаморфогенных месторождений Н.Л. Добрецова (1974) предлагается следующая классификация стратиформных месторождений с отнесением их к следующим основным типам (табл. 7):

1. Золото-сульфидно-вкрапленный тип, представленный согласными пластообразными и складчатыми залежами сульфидной или кварцево-сульфидной вкрапленности и прожилков в благоприятных породах: а) – в углистых филлитах, алевролитах и в алевропелитах (Сухой Лог, Мурунтау, Коммунар); б) – в зеленокаменных эффузивах и в “зеленых” сланцах, образованных за счет метаморфизма и рассланцевания основных эффузивов, в том числе в дайках (Коммунар, Герферд); в) – среди горизонтов углеродсодержащих карбонатных, кремнисто-карбонатных пород, карбонатных сланцев, метакремней (Олимпиадинское, Коммунар)

2. Золото-кварцевый жильный и прожилково-жильный тип, представленный:

а) – отдельными пластовыми послонными, часто складчатыми жилами или группами золото-кварцевых и золото-малосульфидно-кварцевых жил в углеродистых сланцах и филлитах (месторождения Васильевское, Советское, Николаевское, Огне-Потеряевское);

б) – сочетанием сближенных согласных и согласно-секущих складчатых золото-кварцевых (золото-малосульфидно-кварцевых) жил и прожилков и резко подчиненных секущих прожилков (месторождения Васильевское, Советское, Огне-Потеряевское);

в) – секущими жилами и прожилками в отдельных прослоях и пачках пород, а также в силлах и дайках, типа лестничных жил (месторождения Коммунаровское, Герферд);

г) – прожилками штокверкового типа в пликативных структурах в пределах прослоев компетентных пород, силлов, реже в дайках, затронутых складчатостью (месторождение Коммунар).

3. Золото-колчеданный тип развит слабо, представлен колчеданными пластообразными залежами (месторождения Первенец, Огне-Потеряевское).

Таблица 7. Классификация стратиформных золоторудных месторождений

Морфологический тип месторождений	Собственно стратиформные			Трещинно-стратиформные	Дайково-стратиформные
	Золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый,	Золото-сульфидно-вкрапленный	Колчеданный		
Рудно-формационный тип	Золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый,	Золото-сульфидно-вкрапленный	Колчеданный	Золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый,	Золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый,
Рудовмещающая формация	Черносланцевая, вулканогенно-осадочная	Черносланцевая, карбонатно-терригенная	Вулканогенная	Терригенная	Вулканогенно-осадочная
Основные типы рудоконтролирующих структур	Складчатость, кливаж	Складчатость, кливаж	Слоистая структура	Разрывные нарушения в компетентных прослоях	Дайки
Морфология рудных зон и тел	Складчатые прожилково-жилые зоны, седловидные жилы	Складчатые, залежи	Линзы, залежи, складчатые тела	Лестничные жилы в осадочно-метаморфических породах	Лестничные жилы в дайках
Отношение к региональной складчатости – тип	Синскладчатый	Синскладчатый	Синскладчатый	Синскладчатый	Синскладчатый и позднескладчатый
Магматизм рудного этапа	Отсутствует или отдаленный основной вулканизм	Отсутствует или гранито-гнейсовый	Основной вулканизм, подводный	?	Основной, дайковый
Вертикальная зональность	Отсутствует	Отсутствует	?	Отсутствует	Отсутствует или незначительная
Пробность золота	Высокая	Высокая	?	Высокая	Высокая
Масштабы месторождений	Крупные и весьма крупные	Весьма крупные и крупные	Малые	Малые и средние	Малые до средних
Примеры месторождений	Советское, Эльдorado	Олимпиадинское, Сухой Лог	Ветринское	Герферд	Масловское (Коммунар)

Во всех случаях стратиформные метаморфогенные (гидротермально-метаморфогенные) месторождения характеризуются следующими типоморфными особенностями:

а) – четким литолого-стратиграфическим контролем в размещении промышленных рудных тел;

б) – преобладающим складчатым контролем размещения промышленных рудных тел, при этом масштаб складчатых структур определяет масштаб промышленных рудных тел;

в) – морфология рудных тел обусловлена особенностями вмещающих пород, находящихся в условиях пластического течения завершающего этапа складчатости, и их химическим составом;

г) – морфология рудных столбов обусловлена положением осей и замков согласных и реже поперечных складчатых структур и их сочетанием;

д) – промышленное оруденение контролируется пликативными и разрывными структурами, преимущественно складчатого и позднескладчатого этапа деформаций (формирование полостей в крыльях и ядрах складок, прежде всего на контактах механически анизотропных пластов, а также синскладчатых трещин скола и отрыва); постскладчатые разрывы орогенного этапа – пострудные, обуславливают складчато-блоковую структуру месторождений;

е) – основным агентом мобилизации и переноса кремнезема и золота служили метаморфогенно-гидротермальные растворы, возникавшие в процессе литификации осадков и регионального метаморфизма завершающих этапов складчатости, приводящего к “зеленокаменному” метаморфизму вулканогенных пород (в случае их наличия);

ж) – золото заимствовалось из вмещающих осадочно-метаморфизованных толщ, куда поступало в процессе осадконакопления в составе осадочно-гидротермальных растворов и эксгаляций, а также в процессе метаморфизма и гранитизации;

з) – гранитные интрузии орогенного этапа регенерируют метаморфогенное стратиформное золотое оруденение, частично переотлагают его, обуславливая образование более молодого трещинно-жильного магматогенно-гидротермального оруденения, часто пространственно совпадающего или тяготеющего к участкам развития собственно стратиформного оруденения, а частично разрушают его.

Стратиформные золоторудные месторождения характеризуются наличием двух структурно-морфологических типов рудных тел: стратиформных согласных (конформных, конкордантных), образующих пластообразные залежи и складчатые пластообразные залежи, согласные со структурой вмещающих складчатых пород, включая согласные жилы типа “бендиго” (рис. 22), и стратиформных секущих рудных тел (стратиформный дискордантный тип оруденения), представленных трещинными жилами (рис. 23), выполняющими соскладчатые и позднескладчатые тектонические трещины, как правило, не выходящие за пределы отдельных литологических пачек и прослоев пород (жилы лестничного типа). К этому типу условно можно отнести и рудные тела, образованные за счет развития лестничных жил в дайках. Преобладающим типом рудных тел являются первые.

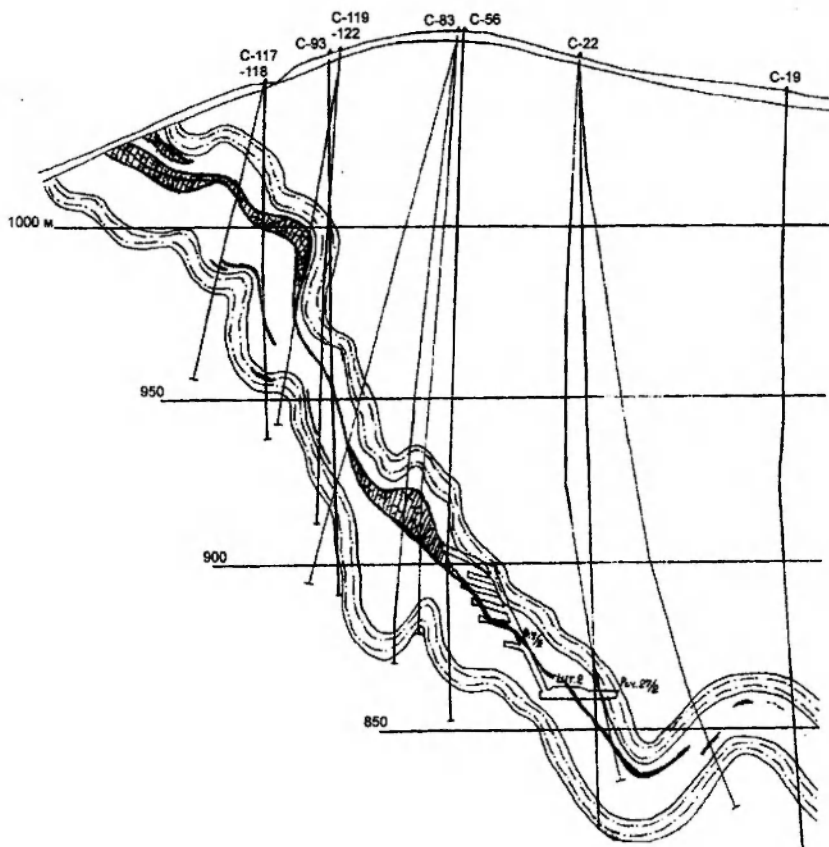


Рис. 22. Месторождение Оночалах. Поперечный разрез

Пример стратиграфического контроля положения согласных золотоносных кварцевых тел (черное, в раздувах заштриховано). Стратиформный конкордантный (конформный) тип оруденения. Материалы рудничной службы

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отметив основные черты строения стратиформных золоторудных месторождений, считаем необходимым обратиться к характеристике их особенностей, т.к. не бывает правил без исключения.

Советское месторождение. Продуктивный горизонт представлен черными сланцами, визуально ничем не отличающимися от непродуктивных. Сланцы продуктивного горизонта, кроме повышенного содержания золота (от 0,4–0,6 до 1,0 г/т), содержат повышенное количество органического вещества (ОВ) и тяжелой фракции, в

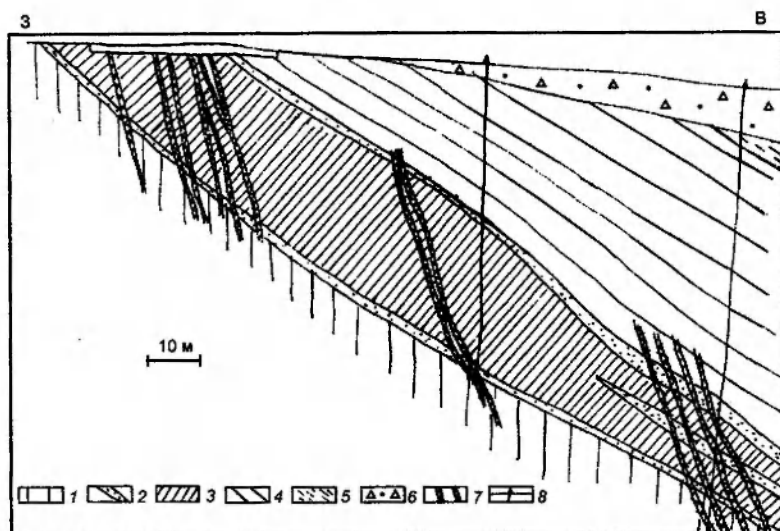


Рис. 23. Месторождение Герфед. Поперечный разрез

Пример стратиграфического контроля положения секущих золотоносных кварцевых жил. Стратиформный дискордантный тип оруденения. Материалы ГРП. 1 – кординская свита; 2–5 – удерейская свита (2 – прослои золотоносных кремнистых пород, 3 – породы (сланцы) повышенной золотоносности, 4 – сланцы, 5 – более темные углистые сланцы); 6 – рыхлые отложения; 7 – золотоносные кварцевые жилы; 8 – скважины

т.ч. магнетита. На отдельных участках горизонт отчетливо подразделяется на две-три рудные пачки, разделенные безрудными. Мощность горизонта колеблется в значительных пределах и изменяется от 80 м на крыльях складок II порядка до 200 м в замках.

Форма геологических рудных тел, т.е. геологических тел с промышленным содержанием золота, складчатая. На отдельных участках наблюдается кулисообразное залегание складчатых кварцевых золотоносных тел, характерное для месторождения Бендиго. Форма промышленных рудных тел зависит от принятых способов оконтуривания и в большинстве случаев находится в диссонансе с геологической формой, что ведет к сильному разубоживанию и потере руд при добыче.

Пробность золота на всю вскрытую глубину порядка 900 м остается постоянной и колеблется в пределах 920, что подтверждает отсутствие на месторождении вертикальной геохимической зональности.

Для месторождения установлено, что кислород кварца золотосодержащих жил соответствует кислороду морских захороненных или метаморфических вод.

Структура Советского месторождения в целом аналогична структуре месторождения Хоумстейк (США), а на отдельных участках – структуре месторождения Бендиго (Австралия), что дало основание Н.Н. Горностаеву (1936) назвать его “Советским Бендиго”.

Олимпиадинское месторождение. Продуктивный горизонт – пачка кремнисто-карбонатных пород (“метаморфизованные известняки”, “карбонатные сланцы”, “метасоматиты”) – визуально четко отличается цветом и составом от вмещающих темно-серых и черных сланцев. Горизонт выделен при геологическом картировании как маркер, что позволило расшифровать не только структуру месторождения, но и района в целом. Все известные в Верхне-Енашиминском золотоносном районе месторождения и рудопроявления золота связаны только с вышеназванным продуктивным горизонтом.

Форма золотосодержащих геологических тел – складчатая. Мощность рудных тел в замках складок резко возрастает. Объем рудных тел определяется параметрами складчатых рудоконтролирующих структур. Самое крупное рудное тело месторождения залегает в замке самой большой – Медвеженской антиклинали на участке ее ундуляции.

Отмеченные на месторождении кварцевые жилы, залегающие в верхней части рудного тела №4 и во вмещающих породах, незолотоносны.

Олимпиадинское месторождение – структурный аналог известного золоторудного месторождения Морру-Вельхо, Бразилия (Рудные месторождения США, 1972). Главное тело Олимпиадинского месторождения, как и главное рудное тело месторождения Морру-Вельхо, приурочено к замку погружающейся антиклинали.

Коммунаровское месторождение. Локальный продуктивный горизонт на месторождении не установлен. Продуктивной на золото является вся нижняя базальная часть разреза полуденной свиты (вулканогенно-осадочной толщи) мощностью порядка 200–300 м. Большой вертикальный размах золотого оруденения объясняется блоковым характером рудного поля. Амплитуда перемещения отдельных тектонических блоков достигает 400 м и более.

Повышенной золотоносностью в пределах продуктивной части разреза характеризуются отдельные слои и пачки черных филлитовидных сланцев с сингенетичным пиритом, темно-серые известняки, кислые туфы и силлы диорит-порфиритов.

Стратиформные рудные тела приурочены к замкам складчатых структур: “жила” Золоторос – к замку антиклинали в вулканогенно-осадочных породах; “месторождение” Масловское-1 – к замку антиклинали в известняках; “месторождение” Апрельское – к замку синклинали, выполненной вулканогенно-осадочными породами, содержащими силлы диорит-порфиритов; “месторождения” даек Апрельская и Масловская – к участкам пликативных дислокаций в пределах продуктивной части разреза вулканогенно-осадочной толщи.

Для стратиформных рудных тел и жил характерна сланцевая и особенно книжная текстура кварца.

Стратиформное оруденение в пределах рудного поля месторождения испытало регенерацию, в результате чего контуры промышленной золотоносности “поплыли”, сместились относительно геологических границ. Одновременно с регенерацией произошло образование более молодых кварцевых жил с промышленной золотоносностью, выполняющих трещины.

Золото стратиформных залежей отличается от золота более молодых кварцевых жил, в последних золото связано с серебром.

В структурном отношении главной особенностью месторождения является разрывная блоковая тектоника. На I этапе она привела к смещению стратиформных рудных залежей (амплитуда смещения первые сотни метров).

На II этапе подновились старые разломы и образовались новые; и те, и другие явились рудовмещающими для более молодых магматогенно-гидротермальных золотоносных кварцевых жил.

На III этапе имели место новые подвижки, которые в ряде случаев привели к смещению молодых золотокварцевых жил.

Саралинское месторождение. На месторождении четко установлено положение продуктивного горизонта, к которому приурочено большинство известных промышленных тел, так называемых “жил”: Каскадная, Андреевская, Встречная и др. Продуктивный горизонт мощностью всего несколько метров представлен черными сланцами, содержащими прослои основных эффузивов. Он вмещает от одной до трех пластовых кварцевых или сульфидно-кварцевых жил мощностью несколько десятков сантиметров, которые являются объектами разработки. Продуктивный горизонт залегает стратиграфически выше подошвы среднесаралинской свиты на 100–120 м. В Центральном тектоническом блоке ниже основного продуктивного горизонта, в основании среднесаралинской свиты отмечается дополнительный продуктивный горизонт, содержащий “жилу” Каскадная II, промышленная значимость которой не установлена.

Основной продуктивный горизонт слагает довольно крупную широтную, замыкающуюся на западе синклиналь, запрокинутую к югу. В южном крыле складки, названной нами Саралинской, залегают стратиформные залежи, которые получили название “жила” Каскадная; в северном крыле – стратиформные тела, которые получили название “жила” Андреевская.

На месторождении четко проявилась разрывная тектоника, что привело к образованию в пределах рудного поля трех крупных тектонических блоков: Восточного (наше название), Центрального и Светлого. В результате стратиформные залежи оказались разобщенными и смещенными относительно друг друга.

В один из этапов проявления дизъюнктивных дислокаций произошло внедрение многочисленных даек порфиритов, которые рассекают стратиформные залежи и занимают до 30–35% объема пород рудного поля.

После образования тектонических блоков севернее “жилы” Андреевской внедрился Осиновский шток гранитов палеозойского возраста, становление которого сопровождалось образованием молодых золотокварцевых жил, выполняющих разноориентированные тектонические трещины, но сам шток оказался незолотоносным.

Внедрение гранитов, видимо, вызвало частичную регенерацию стратиформного оруденения, т.к. общее среднее содержание золота в “жиле” Андреевской ниже, чем в более удаленной от интрузии “жиле” Каскадной.

Молодые золотокварцевые жилы в ряде случаев отчетливо секут стратиформные залежи.

Глава 5

ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В генетическом отношении стратиформные золоторудные месторождения очень многообразны (Стратиформные месторождения..., 1983; Условия образования..., 1983, 1985). Их генезис может быть:

1 – собственно осадочным и осадочно-гидротермальным, в той или иной мере метаморфическим (Бадалов, 1986; Белькова, Огнев, 1981; Бендик, 1970; Бендик и др., 1975; Гарьковец, 1978, 1982; Попов, 1980);

2 – метаморфогенно-гидротермальным или метаморфогенным (Буряк, 1973, 1975, 1985; Григоров, 1975, 1985; Коновалов, 1985; Смирнов, 1972, 1976, 1982);

3 – вулканогенно-осадочным (Попов и др., 1980; Сазонов, 1998);

4 – плутогенно-гидротермальным, за счет избирательного развития гидротермального процесса среди обогащенных золотом горизонтов пород (Бородаевский, Бернштейн, 1967; Волков, 1995; Шило, Сидоров, 1978);

5 – смешанным, полигенным (Асаналиев, 1990; Константинов, 2000), метаморфогенно-плутогенным (Буряк, Бакулин, 2000).

Из названных процессов концентрации золота главными, на наш взгляд, являются седиментогенез, диагенез и региональный метаморфизм. Это мы и попытаемся показать на примере описанных выше районов.

На общую теорию образования золоторудных месторождений оказали влияние две принципиально отличающиеся геологические школы. Одну из них мы условно назовем Европейской, другую Австралийской по местам их зарождения. Европейская школа создала гидротермальную теорию образования золоторудных месторождений, которая получила свое развитие в начале века в трудах геологов Американской школы – В. Эммонса (Emmons, 1937), Л. Грейтона (Graton, 1930), В. Линдгрена (1934), и в работах русских и советских геологов – А.Г. Бетехтина (1955), Ю.А. Билибина (1945, 1947), В.А. Обручева (1934), Л.Н. Овчинникова (1973), В.И. Смирнова (1976), и многих других. (Альбов, 1952, 1960, 1975; Буряк, 1982; Коробейников, 1987; Моисеенко, 1976; Моисеенко и др., 1974; Петровская, 1973); Усов, 1933; Щербаков, 1967, 1977). Большой вклад в экспериментальные исследования гидротермального процесса внесли Ф.А. Летников (1983_{а,б}; Летников, Вилор, 1981), Н.В. Вилор (1983, 2000; Вилор и др., 1997), Д.С. Глюк (1994) и другие.

Гидротермальная теория из-за ее широкой популярности и большого количества публикаций в изложении не нуждается. А вот на некоторых аспектах метаморфогенного (первично осадочного метаморфогенного) генезиса золоторудных месторождений считаем необходимым остановиться, т.к. идеи Австралийской школы об осадочном происхождении золоторудных месторождений, получившие развитие в основных золотодобывающих районах мира – Австралии, Южной Африки и позднее Канады, к сожалению, в нашей стране, как и в большинстве европейских стран, не получили не только признания, а даже простого внимания. Ни в одном сколько-нибудь популярном учебнике по рудным месторождениям о положениях Австралийской школы ничего не сказано.

Основные положения Австралийской школы, выразителями которой были Локке (Locke, 1889), Е.Данн (Dunn, 1924, 1929), а в нашей стране Л.А. Ячевский (1903) и А.К. Мейстер (1910), применительно к современному уровню знаний развили У.А. Асаналиев (1984), Я.Н. Белевцев (1981), В.А. Буряк (1985), В.С. Домарев (1967, 1984), и ряд других исследователей.

Рассмотрим применительно к описанным выше рудным объектам и регионам основные положения метаморфогенно-гидротермальной теории рудообразования с первичным накоплением золота на стадии седиментогенеза и диагенеза и создания рудных концентраций на стадии регионального метаморфизма.

НАКОПЛЕНИЕ ЗОЛОТА В ПРОЦЕССЕ ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ И ДИАГЕНЕЗА

Накопление золота в процессе седиментации может происходить несколькими процессами: механическим путем, подобным образованию россыпей, осаждением золота из водных растворов кремнистым и органическим веществом, накоплением золота микроорганизмами и растениями, а также привнесом золота в виде гидротермальных растворов в результате вулканической деятельности.

Рассмотрим эти процессы несколько подробно. На возможность накопления золота механическим путем указывает Л.В. Таусон (1977). “Как показывают расчеты”, – отмечает он, – “в состоянии промышленного концентрирования обычно находится только 1/10000 часть рудного вещества. Поэтому в земной коре атомы редких и рудных элементов в основном рассеиваются в решетках породообразующих и аксессуарных минералов и по существу захоронены в кристаллизующихся изверженных горных породах”. И далее продолжает, что в свете современных данных неправильно говорить о “золотоносных” интрузиях, т.к. никакой металлогенической специализации гранитоидов не устанавливается, а “для большинства... рудных месторождений связи чаще определяются как парагенетические” с неясным источником рудного вещества от мантийного до “вадозо-термального”. Л.В. Таусон допускает концентрирование рудных элементов в процессе экзогенной дифференциации вещества, отличной от магматической дифференциации.

На возможность концентрирования золота путем образования россыпей как источников рудных месторождений указывает В.С. Домарев (1984).

Вопрос возможного первичного накопления золота в период накопления осадков рассматривался рядом исследователей. Первыми, кто обратили на это внимание, были Э. Гофман (1844) и М. Макеровский (1844), которые первыми из геологов посетили золотые прииски Енисейской тайги в 1843 г. Э. Гофман сообщает о куске сланца, проросшего золотом, найденного по р. Актолику. М. Макеровский сообщает о нескольких случаях: "...бывают примеры нахождения кусков сланца, просеченных золотыми жилками", – пишет он. Автор имел возможность видеть обломок сланца, пронизанный нитями золота: на площади размером 13 на 8 см находилось более 10 золотых нитей длиной около 7–8 см и толщиной около 1–1,5 мм. Визуально содержание золота в образце составляло не менее 7 об. %, или около 40 масс. %.

Э. Гофман определил содержание золота в сланцах, взятых из постели россыпей и из близлежащих гор. Эти содержания вызывают удивление. На приисках Успенском (исток р. Удеряя) и Петропавловском (по р. Мал. Шаарган) содержание составило 5 золотников на 100 пудов, или 12,5 г/т, а образцы сланцев, взятых из гор, показали содержание 25 г/т.

Последующие исследователи – Л.А. Ячевский (1894, 1903), А.К. Мейстер (1900, 1910) – подтвердили наличие золота в сланцах, в том числе во вмещающих месторождения золота, правда, в количествах на порядок ниже: 0,9–1,0 2 г/т, изредка до 2 г/т. Максимальные значения содержаний золота до 12,5 г/т были получены Л.А. Ячевским при опробовании конгломератов р. Вороговки. В.А. Обручев (1913) установил золотоносность сланцев Патомского нагорья, но позднее отказался от своих наблюдений и даже критиковал А.К. Мейстера.

Более поздние исследования золотоносности осадочных и метаморфических пород, проведенные рядом исследователей и среди них – Р.В. Нифонтов (1957), А.Е. Гапон (1971), В.В. Коткин (1973), В.Г. Петров (1972, 1976), А.Д. Ножкин (Ножкин и др., 1976, 1989), подтвердили возможность накопления золота в процессе осадкообразования в количествах, достигающих предрудных и рудных концентраций, указав на кластогенную и хемогенно-сорбционную природу процесса концентрации.

Получены данные о высокой подвижности золота в зоне гипергенеза и его способности миграции в водных средах (Альбов, 1952, 1960; Вилор и др., 1997; Нестеров, 1985; Поликарпочкин и др., 1969; Vlassopoulos, Wood, 1990). Последние исследования по поведению золота в зоне гипергенеза, проведенные под руководством академика Л.В. Таусона (Таусон и др., 1989), свидетельствуют о содержании золота в россыпях 40–50 г/т, до 100 г/т. О рудных концентрациях золота в зоне гипергенеза свидетельствуют и многочисленные наблюдения Н.В. Нестерова (1985).

Многие из названных исследователей обращают внимание на связь высоких концентраций золота с органическим или "углистым" веществом. Автору известны неоднократные попытки установить истинные содержания золота в углеродистых сланцах, вмещающих месторождения золота разных регионов, по сравнению с теми, которые дает пробирный анализ. Отдельные результаты были на порядок выше, чем дает пробирный анализ. Причин неудач, по-видимому, две. Первая – это представи-

тельность проб, что убедительно показал В.Г. Петров (1982). По исследованиям аналитиков Ирриредмета, изучавших представительность проб для Советского месторождения, минимальный вес должен составлять 5–8 кг. При этом проба должна быть измельчена и промыта на концентрационном столе с целью улавливания золотинок, а остаток после промывки подлежит сокращению и троекратному пробирному анализу. Содержание золота в пробе определяется как сумма извлеченного золота на столе и плюс среднее из трех определений. Естественно, что на практике так не поступают. Однако, автору известны неоднократные случаи занижения содержаний золота по рудным объектам и прежде всего по районам месторождений Советского и Эльдорадо, когда заверка велась крупнотоннажными пробами, обрабатываемыми на отдельных бегунных чашах.

Вторая причина – это наблюдаемая в ряде случаев высокая летучесть золота при проведении пробирного анализа, обычно находящегося к тому же в органических соединениях или сульфидах, склонных к выгоранию, что ведет к занижению его содержаний. Но, с другой стороны, предварительный прогрев сланцев при определенных температурах ведет к укрупнению сверхтонкого и атомарного золота и, как следствие, к увеличению его содержания. Автор неоднократно ставил вопрос о постановке специальных работ, направленных на определение истинных содержаний химического золота в сланцах и на предмет их возможной разработки как рудного объекта, но постоянно натывался на непонимание этой проблемы со стороны руководства Ирриредмета и Союззолота. Тоже можно сказать и о карбонатных и кремнистых породах.

Наряду с органическим веществом большая роль в накоплении золота отводится микроорганизмам (Коробушкина, Коробушкин, 1986; Овчаренко и др., 1985; Spirakis, 1986). Впервые на эту проблему обратил свое внимание Л.А. Ячевский, который обнаружил в породах района Советского месторождения формы микроорганизмов – концентраторов золота. Позднее к этой теме вернулся Б.В. Перфильев (1927).

Е.Д. Коробушкина и Г.П. Королева (1989 г.) установили, что при взаимодействии микроорганизмов с водорастворимым и коллоидным золотом происходит его укрупнение с образованием тонко дисперсных частиц размером от 3–5 до 5–9 мкм. Микроорганизмы (бактерии и водоросли) ею были выделены из гидротермально измененных пород Нижнекошелевского месторождения и донных осадков Охотского моря.

Наиболее четко роль микроорганизмов в накоплении золота установлена исследователями университета в Витватерсранде и Горно-технологической лаборатории отдела геохимии при Горной палате Южно-Африканской республики при изучении источников золота знаменитого месторождения Витватерсранд (Gold concentration..., 1976). Проф. университета Д.А. Преотриус (Preotrius, 1976) установлена палеогеографическая обстановка накопления золота – обширной аллювиальной равнины, расположенной вокруг внутреннего озера, типа современного Каспийского моря, причем фации накопления золота находились вдоль водотоков и ниже эстуариев.

Д-ром Д.К. Халабуером выявлена биогенная природа углеродистого вещества из золотоносных слоев (рифов) района Фар-Вест-Ранд. Им из золотоносных горизонтов Карбон-Лидер-Риф и Базал-Риф выделены фрагменты окаменелых лишайников,

окаменелых растений, плесневелые микроорганизмы – окаменелые и в виде псевдоморфоз золота. Он считает, что 2500 млн. лет назад колонии растений типа лишайников покрывали подобно ковру отдельные районы прибрежной равнины на протяжении сотен километров, часть которых была затоплена водой. Золото, уран и ряд других элементов концентрировались в растениях. В дополнение к установленному биологическому эффекту колонии растений служили концентраторами мелких частиц золота, когда вода протекала через “ковер”.

По мнению южно-африканских исследователей, в отличие от общепринятой точки зрения, одноклеточные микроорганизмы появились 3500 млн. лет назад, их колонии – 3300 млн. лет, сине-зеленные водоросли – 3000–2800 млн. и плесневелые и лишайниковоподобные растения – 2600 млн. лет назад.

Значительная роль в концентрации золота в осадочных породах отводится органическому веществу (ОВ) и золотоорганическим соединениям. Первым, кто указал на особую геохимическую роль углерода, был В.И. Вернадский (1927), который отметил, что роль соединений углерода неизмеримо велика по сравнению с количеством его атомов, находящихся в земной коре. Он же подчеркнул, что основной формой состояния вещества является рассеивание. Именно этим можно объяснить факт наличия золота во всех углеродсодержащих веществах. При этом он прозорливо отмечал, что свойства химических элементов в живом и косном веществе различны. Это объясняет тесную связь золота с органикой. Процессы накопления золота в осадках, видимо, тесно связаны с живым веществом и вулканизмом, причем вулканизм может быть отдаленным.

Е.М. Брадинская (1982) установила высокую устойчивость золотоорганических соединений при нагревании вплоть до $T = 500^{\circ}\text{C}$, что может объяснять высокую подвижность золота в гидротермальных процессах, с одной стороны, а с другой – его подвижность при проведении пробирных анализов пород, содержащих ОВ. Именно углеродистые отложения, углистые сланцы, углеродистые известняки и их промежуточные разновидности и включают крупнейшие месторождения золота.

Многими исследователями (Бадалов, Лощина, 1986; Марченко, Ищенко, 1989; Развозжаева, Коткин, 1981) установлена прямая зависимость между количеством ОВ и содержанием золота в породах и рудах. Это особая проблема, которая требует специального рассмотрения, выходящая за рамки данной работы. Автор на изученных рудных объектах столкнулся с тремя категориями ОВ: нейтральным к золоту; содержащим золото, но отдающим его в процессе извлечения, и ОВ, которое так прочно удерживает золото, что существующие технологии извлечения (гидрометаллургия) оказываются беспомощными и золото “уходит” через все стадии технологического процесса в хвосты.

На возможность накопления золота в процессе диагенеза и катагенеза впервые указали Е.П. Акульшина (Акульшина, 1985; Акульшина и др., 1981); В.С. Домарев (1967, 1984) и ряд других исследователей. Об обогащении пород золотом в процессе диагенеза свидетельствуют исследования, проведенные З.В. Пушкиной (1964 г.). Она установила явление концентрирования рудных элементов в поровых водах от 50 до 138 раз против поверхностных за счет образования в первых димерных ассоциантов

(льдоподобных структур), впервые обнаруженных Ф.Г. Смитом в нагретых поровых водах.

Этот факт возможности концентрирования золота в нагретых поровых водах подтверждается прямыми наблюдениями. Золото в количествах до нескольких г/т установлено в нагретых поровых водах в Кольской сверхглубокой скважине на глубине 10 км. Другой пример – буровая скважина Солтон-Си (Южная Калифорния, США) на глубине 5232 фута (1,7 км) вскрыла термальные воды. За трехмесячный срок откачки этих вод в трубах отложился темный осадок массой 5–8 т, в котором по данным пробирного анализа установлено содержание золота в количестве около 3.4 г/т.

Как показывают многочисленные исследования, гидротермальные растворы во многих случаях представляют собой метеорные воды или воды осадочных образований, вовлеченные в конвективное движение вокруг нагретых тел.

Значительное внимание исследователей с целью возможного определения высоких концентраций золота в осадочных и вулканогенно-осадочных отложениях уделено процессам его перераспределения при катагенезе и, особенно, при метаморфизме пород. Этой проблеме посвящены работы многих исследователей (Белевцев, 1968, 1979; Буряк, 1973, 1982, 1985; Буряк, Летников, 1968; Буряк и др., 1988; Гавриленко, 1978; Ли, Шохина, 1974; Неменман, Парада, 1985 г.; и др.). Пионером в вопросах метаморфогенного рудообразования является А.Н. Белевцев, который на примере железорудных месторождений показал ведущую роль метаморфических процессов в их рудогенезе. Параллельно и применительно к золоту идеи метаморфизма развил В.А. Буряк на материалах Байкало-Патомского нагорья и, позднее, Приамурья. Исследования В.А. Буряка особо ценны для нас, т.к. Енисейский кряж и Байкало-Патомское нагорье характеризуются общностью геологического строения и истории геологического развития.

В.А. Буряк показал принципиальную возможность образования золоторудных месторождений в процессе регионального метаморфизма за счет миграции золота из высокотемпературных зон в низкотемпературные, подчеркивая роль складчатости и гнейсо-гранитов как стимуляторов движения метаморфогенно-гидротермальных растворов.

Эта схема рудообразования подтверждается материалами по Енисейскому кряжу – положением и строением Олимпиадинского, Советского и других месторождений за одним исключением: отсутствием так называемых “рудолокализирующих зон рассланцевания”. Кстати, по наблюдениям автора, нет этой зоны и в пределах месторождения Сухой Лог, являющегося прототипом описанной схемы рудогенеза. Позднее В.А. Буряк стал выделять “глубинные зоны повышенной проницаемости”, не проявляющиеся на поверхности, что согласуется с нашими наблюдениями. С этим замечанием и принимается нами схема метаморфогенного рудообразования В.А. Буряка (Буряк, Григоров, 1982; Григоров, 1985).

Эта схема распространяется и на месторождения Кузнецкого Алатау, т.к. полностью подтверждается их геологическим строением. Естественно, что мы не признаем универсальности образования стратиформных месторождений золота в разных геологических районах, на названные нами объекты характеризуются общностью

геологического развития и строения на этапе их образования (Фомин, Григоров, 1983).

Исследования Л.В. Ли и О.И. Шохиной (1974) показали, что содержание золота в породах тем выше, чем ниже температура зоны метаморфизма и тем подтвердили общую закономерность распределения золота в разной степени метаморфизованных породах, установленную В.А. Буряком (1973, 1982). Но в целом геологическая степень изученности метаморфических процессов перераспределения золота Енисейского края и Кузнецкого Алатау, видимо, намного ниже, чем Байкало-Патомского нагорья и Приамурья, что объясняется меньшим распространением идей метаморфогенного рудогенеза золоторудных месторождений (Буряк и др., 1988).

Учитывая сказанное выше, мы можем констатировать, что какова бы ни была первичная природа концентрации золота в осадочных и метаморфических породах, устанавливается четкая стратификация отдельных слоев, пачек и отдельных частей разреза свит, характеризующихся высокими содержаниями золота, к которым и приурочены месторождения золота.

Как сказано выше, среднее содержание золота в сланцах продуктивного горизонта Советского месторождения составляет от 0,4–0,6 до 1,0–1,1 г/т. Среднее содержание золота во вмещающих породах Олимпиадинского месторождения составляет: в кварц-карбонат-сланцевых сланцах 0,58 г/т, в кварц-сланцевых сланцах 0,1 г/т (Звягин, Сазонов, 1997).

Высокие содержания золота в углистых сланцах и известняках по данным опробования стенок квершлагов до двух-трехзначных значений в отдельных прослоях и средних до 5–6 г/т на интервал в 5–6 м установлены на месторождении Коммунар. К сожалению, данные по содержанию золота в породах Саралинского месторождения отсутствуют.

Ниже приведем примеры некоторых других стратиформных месторождений, акцентируя внимание на их литолого-стратиграфическом контроле оруденения.

Л.Н. Белькова, изучавшая золоторудное месторождение Чармитан, отмечает четко выраженный стратиграфический и литологический контроль оруденения и тесную ассоциацию золота с биогенным углеродистым веществом (УВ). Ф.П. Кренделев, опираясь на геохимические особенности золота как химического элемента, находящегося в одной группе таблицы Менделеева с Li, Na и K, образующими осадочные месторождения, считает, что золото также накапливается в осадках осадочным путем.

Месторождение Сухой Лог стало известным благодаря работам В.М. Попова и В.А. Лисия (Попов, Лисий, 1974). Оно обладает всеми характерными чертами стратиформного рудообразования. Золотое промышленное оруденение контролируется двумя основными факторами: складчатостью и литолого-стратиграфическим положением. Основное рудное тело расположено в замковой части запрокинутой антиклинальной складки, сложенной породами хомолхинской свиты (см. рис. 24).

Промышленное оруденение локализовано в пределах верхней подсвиты хомолхинской свиты, которая по литологическому составу подразделяется на 5 пачек (снизу вверх): I пачка – ритмично переслаивающиеся углистые филлиты и алевроитистые

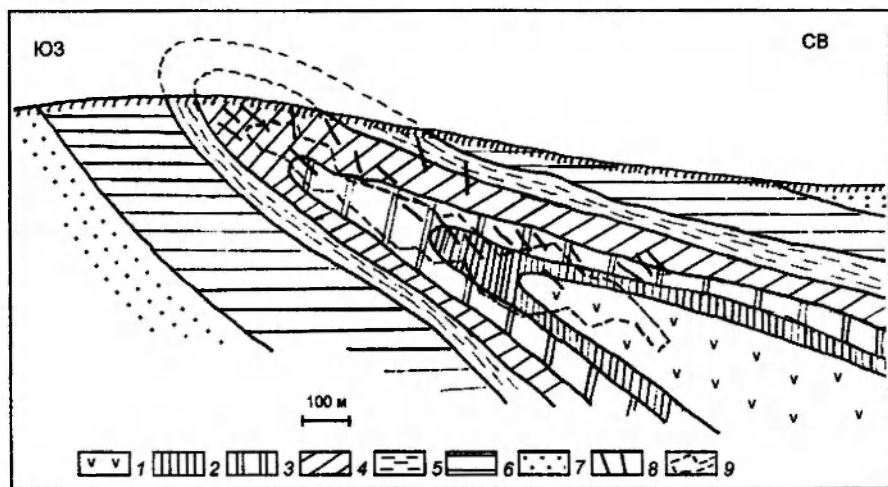


Рис. 24. Месторождение Сухой Лог. Поперечный разрез

Оруденение приурочено к замку запрокинутой антиклинали (Попов Н.П., Лисий В.А., 1976 г.). 1–5 – хомолхинская свита: 1 – нижняя подсвита; 2–5 – верхняя подсвита (2 – 1-я и 2-я пачки, 3 – 3-я пачка, 4 – 4-я пачка, 5 – 5-я пачка); 6–7 – имняхская свита: 6 – нижняя подсвита; 7 – верхняя подсвита; 8 – кварцевые жилы; 9 – контур промышленных запасов

сланцы с подчиненными прослоями кварцевых песчаников и алевролитов, мощность 30–70 м; II пачка – переслаивание высокоуглеродистых филлитов и углистых алевролитистых сланцев с линзами и прослоями анкерита, мощность 25–40 м (наличие в кварцевых телах Советского месторождения анкерита всегда указывает на их золотоносность, а сидерита – на отсутствие золота); III пачка – углистые алевролитистые сланцы с линзами анкерит-доломитовых пород, мощность 20–30 м; IV пачка – умеренноуглистые алевролиты с горизонтами переслаивания филлитов и метаалевролитов и прослоями и линзами песчаников, мощность 50–140 м; V пачка – углистые филлиты с горизонтами тонкого переслаивания углистых филлитов и метаалевролитов, мощность 40–90 м.

Все пачки кроме IV и V имеют резкие границы и четко отбиваются по геофизическим характеристикам друг от друга и от выше- и нижезалегающих пород. Все нижние четыре пачки несут промышленное оруденение; пятая пачка слабозолотоносна. Наиболее продуктивной является II пачка, играющая роль маркера: характеризуется повышенным содержанием $C_{орг}$ (4–5%), высокой эффективной пористостью и повышенной радиоактивностью. Промышленная золоторудная минерализация генетически связана с рассеянной вкрапленностью и прожилкоподобными скоплениями слабо золотоносного осадочного и раннеметаморфического пирита ($\delta S^{34} = +6,5 \pm 11,0 \%$). Золотосодержащей рудой являются углистые сланцы, алевролиты, алевролитистые сланцы с редкими прослоями песчаников, вмещающие золотоносную кварц-сульфидную минерализацию в виде прожилков, линз, гнезд и вкрапленников.

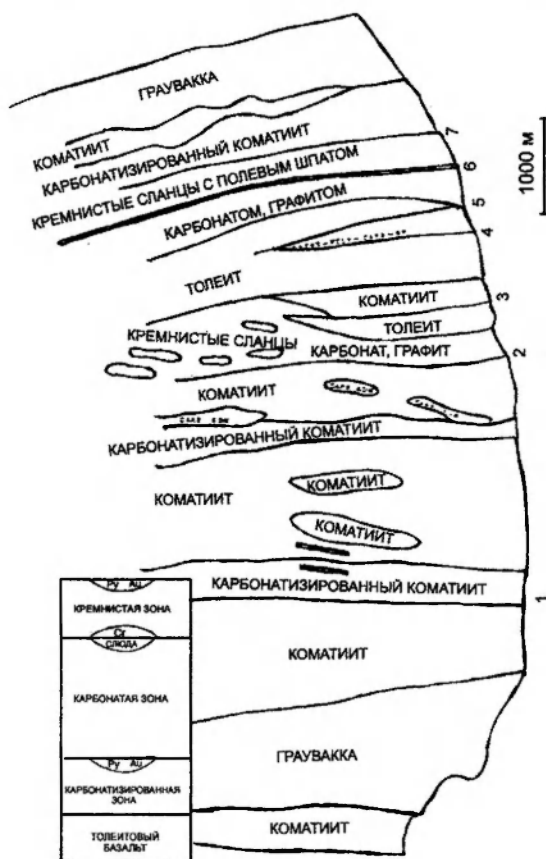


Рис. 25. Положение в разрезе семи золотоносных рудных горизонтов в районе золоторудных месторождений Керр Аддисон – Лардер Лейк

На врезке положение главных золотоносных горизонтов. Материалы районного геолога Канадской геологической службы Л.С. Дженсена

Месторождение Витватерсранд представляет собой обширный бассейн золотонакопления. В 15-километровой толще незолотоносных “пустых” пород рассеяны золотосодержащие горизонты, получившие название “рифов”, мощностью от 5–10 см до 1–1,5 м и суммарной мощностью не более 10–20 м. При такой незначительной мощности рифы прослеживаются по простиранию на 15–30 км (Preotrius, 1976). С целью оценки золотоносности на поисковой стадии одна проба берется из расчета, что она представляет 1200 часть пласта. Ошибка определения содержания золота при этом достигает не более +25%.

Другой пример – месторождения района **Керр-Аддисон-Лардер-Лейк** (Канада). В вулканогенной толще мощностью более 9000 м установлено 7 золотоносных горизонтов мощностью до 1–2 м, реже нескольких метров (см. рис. 25).

МОРФОЛОГИЯ РУДНЫХ ТЕЛ СТРАТИФОРМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ УСЛОВИЙ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрим морфологию рудных тел стратиформных золоторудных месторождений как отражение рудообразующих процессов на примере Советского месторождения – наиболее полно изученного рудного объекта метаморфогенного генезиса.

Формирование рудных тел месторождения произошло в позднем протерозое, т.к. кварцевые тела имеют четкий складчатый характер, т.е. несут следы образования в период складчатости, а позднепротерозойский возраст складчатости пород удерейской свиты, как и всей сухопитской серии, доказывается несогласным залеганием на породах серии фаунистически охарактеризованных осадков нижнего кембрия.

В сложении кварцевых тел месторождения принимают участие три разновозрастных генерации кварца. Кварц I и II генерации слагают золотоносные складчатые тела, а кварц III генерации образует незолотоносные жилы, выполняющие тектонические трещины.

Кварц I генерации слагает основную массу золоторудных тел. Он образовался в процессе складчатости, на что указывает складчатая форма рудных тел и их внутреннее складчатое строение. Кварц I генерации часто имеет полосчатую книжную текстуру и несет большое количество мелких ленточных и уплощенных включений “ксенолитов” вмещающих сланцев, указывающих на пластическое течение кварца в период складчатости. При этом кварц в период образования рудных тел характеризовался более пластичными свойствами, чем сланцы; повсеместно наблюдаемые “ксенолиты” сланцев являются, как правило, реликтовыми будинными образованиями этапа складчатости.

О высоких текучих свойствах кварца в условиях давления может свидетельствовать факт, наблюдавшийся автором в Байкальском нагорье в зоне тектонического рассланцевания. В кварцевом порфире кварцевые вкрапленники “потекли” и образовали шнуровидные ленточки, длиной 3–4 см при ширине 3–4 мм. При этом основная фельзитовая масса породы визуально каких-либо следов давления не несла.

Кварц II генерации – рудный, в количественном отношении резко подчинен кварцу I генерации. По сути он представляет собой последние порции раствора, оставшегося после кристаллизации кварца I генерации. Образование кварца II генерации сопровождалось выделением основной массы сульфидов – пирита, арсенопирита, пирротина, галенита и сфалерита, и закончилось выделением золота. Образование кварца II генерации проходило в заключительный этап складчатости, в этап будинирования кварца I генерации, когда последний утратил или почти утратил свойство текучести и стал более компетентным по отношению к сланцам. В этот этап формируются будины отрыва и “вращения”, столь характерные для Советского месторождения. Отмечаются будины “левого” и “правого” вращения в зависимости от их положения в крыльях складок высокого порядка. Кварц II генерации локализуется в трещинах и микротрещинах в шейках намечающихся будин отрыва, в трещинах “отслоения” складчатых кварцевых жил и сланцев, в мелких скалывающих трещинах заключительного этапа складчатости.

Этап образования кварца II генерации часто сопровождается перекристаллизацией кварца I генерации, ранее отмеченной Н.В. Петровой (1954 г.). По нашим наблюдениям, перекристаллизация обусловлена “приспособлением” кварца I генерации к новым тектоническим условиям, когда он в связи с падением температуры стал менее пластичен и подвижен, чем вмещающие сланцы, которые еще сохраняли свою текучесть на заключительном этапе складчатости.

Таким образом, образование золотоносных кварцевых тел Советского месторождения обусловлено процессом складчатости вмещающих пород. При этом на первом этапе складчатости кристаллизующийся кварц (кварц I генерации), образующийся в процессе собирательной перекристаллизации, был более пластичен и подвижен, чем сланцы, и нагнетался в замки складок, в зоны растяжения пород, т.е. в участки с пониженным давлением. На втором этапе складчатости кварц рудных тел становится более компетентным, чем сланцы, и подвергается будинажу. Этап будинирования кварцевых тел сопровождается его перекристаллизацией и одновременно образованием и отложением кварца II генерации.

Кварц III генерации – пострудный, отмечается очень редко; он образует правильные плитообразные жильные, обычно пологозалегающие и субгоризонтальные тела с ровной поверхностью, выполняющие трещины скола. Его отложение сопровождалось образованием кальцита, который никогда не встречается в золотоносных телах, и пленочного пирита. Золото в этих жилах отсутствует.

Морфология золотоносных тел Советского месторождения разнообразна и обусловлена кинематическими свойствами вмещающих сланцев в период складчатости, изменением их свойств – пластичности и текучести по отношению к кварцу.

На первом этапе сформировались складчатые согласные и подчиненные им согласнo-секущие (согласные в направлении падения и кососекущие вдоль простирания) кварцевые тела. Довольно часто отмечаются мелкие птигматитовые прожилки, сопровождающие складчатые тела и являющиеся их окаймлением.

В конце первого этапа складчатости, в переходный период ко второму этапу на отдельных участках месторождения проявился диапиризм и образовались диапировые ядра складок, выполненные кварцем I генерации. Кварцевые тела диапиров характеризуются своеобразной седловидной или полуседловидной в поперечном разрезе формой с округлыми завальцованными очертаниями.

Во второй этап – этап завершения складчатости образовались будинированные складчатые кварцевые жилы, получившие название “кудрей”. Точнее следует говорить не об образовании будинированных жил, а о преобразовании сформированных складчатых жил и о наложении процесса будинирования с широко проявленными разнообразными формами будинажа от эмбрионального до линзовидного. Иногда встречаются своеобразные проявления будинажа, выразившиеся в образовании “муллион-структур”, имеющие в поперечном сечении вид патронташа.

На генезис Советского месторождения существует три принципиально разных точки зрения. Господствующей является точка зрения гидротермального происхождения руд Советского месторождения. Начиная с В.А. Обручева (1913), большинство исследователей, не обращая внимания на своеобразие морфологии рудных тел ме-

сторождения, связывают их образование с гидротермами позднепротерозойских интрузий. Долгое время источником гидротерм считался Каламинский массив, позднее в качестве генетического источника стали рассматривать гипотетические глубинные магматические очаги. В геологической литературе Советское месторождение обычно рассматривается в соответствии с классификацией В. Лингрена (1934) как представитель высокотемпературных (Магакьян, 1955) или среднетемпературных гидротермальных месторождений умеренных (Рудные месторождения СССР, 1974) или больших (Петровская, 1973) глубин.

В 70-е годы в связи с развитием и распространением идей метаморфогенного генезиса рудных месторождений и с появлением новых геологических материалов Советское месторождение было отнесено автором (Григоров, 1975; Григоров, Филонюк, 1974_а) и В.А.Буряком (Буряк, Григоров, 1982) к месторождениям метаморфогенного, гидротермально-метаморфогенного типа.

Особую точку зрения на генезис Советского месторождения высказал В.Г. Петров (1969, 1974). Он предложил так называемую “тектоногенную” гипотезу, согласно которой золотоносные кварцевые жилы образовались в процессе собирательной кристаллизации кремнезема, заимствованного из вмещающих пород и локализованного в тектонических трещинах, образованных в постсилурийское время, после этапа глыбовой тектоники, приведшей к образованию в районе грабенных, выполненных кембрийскими отложениями. Факт собирательной кристаллизации кремнезема из вмещающих пород, доказанный В.Г. Петровым, никем не опровергается.

Наши наблюдения также подтвердили десиликацию вмещающих пород у контакта с кварцевыми телами, но мы вслед за наблюдениями В.А. Станикова (1975 г.), установившим остаточные гелевые структуры кремнезема, допускаем наличие в осадочной толще слоев первоначально или целиком сложенных, или обогащенных кремнеземом и позднее на стадии складчатости и регионального метаморфизма превращенных в кварцевые тела, получивших название жил. Наличие аморфного кремнезема установлено аналитиками Иргиредмета в образцах, отобранных нами из зоны перехода вмещающие породы – рудная зона VI по кваршлагу на сбойке с новой шахтой. Этот факт подтверждает возможность образования кварцевых золотоносных жил Советского месторождения за счет кремнезема вмещающих пород.

ВОПРОСЫ МИГРАЦИИ ЗОЛОТА ПРИ НАЛОЖЕНИИ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ

Наряду с вышеописанными процессами миграции золота в замки складок при синхронном образовании стратиформных рудных тел и региональной складчатости, следует особо остановиться на процессах миграции золота в нагретых телах, которые объясняют золотоносность кварцевых жил и золотоносных даек с нетрадиционных позиций.

Золотоносность кварцевых жил. Наблюдения на целом ряде золоторудных месторождений с наличием промышленных золотокварцевых жил показывают, что последние золотоносны не повсеместно, а только на отдельных интервалах, и их промышленная золотоносность зависит от золотоносности вмещающих пород. Так, если кварцевая жила пересекает пачку слоистых пород, причем в пачке отмечается чередование слоев с промышленным и непромышленным содержанием золота, то кварцевая жила будет золотоносна, т.е. содержать промышленные концентрации золота, только при пересечении ею слоев с промышленным или высоким содержанием золота (рис. 26а).

Впервые к идее образования золотоносных кварцевых жил путем заимствования золота из вмещающих пород пришел еще в конце XIX века Л.А. Ячевский (1903) на основе изучения золотоносности пород района Советского месторождения. Позднее эту закономерность констатировал Е.Дж. Данн (Dunn, 1929). На материалах известных месторождений Виктория, Бендига и Балларат он убедительно показал, что золотоносность кварцевых жил есть продукт золотоносности вмещающих пород, которую можно объяснить только заимствованием золота из прилегающих сланцев и песчанно-сланцевых отложений (рис. 27).

Примером, четко иллюстрирующим описываемую закономерность, является месторождение Герфед (Южно-Енисейский район, см. рис. 23). Кварцевые жилы, секущие продуктивную пачку пород, золотоносны только в пределах этой пачки. Незнание этого явления часто ставит в тупик поисковиков и разведчиков.

Золотоносность даек. Начиная с работ основателя советской школы металлогении золота Ю.А. Билибина принято считать, что дайки и малые интрузии являются источниками месторождений золота. Эта точка зрения укрепились после того,

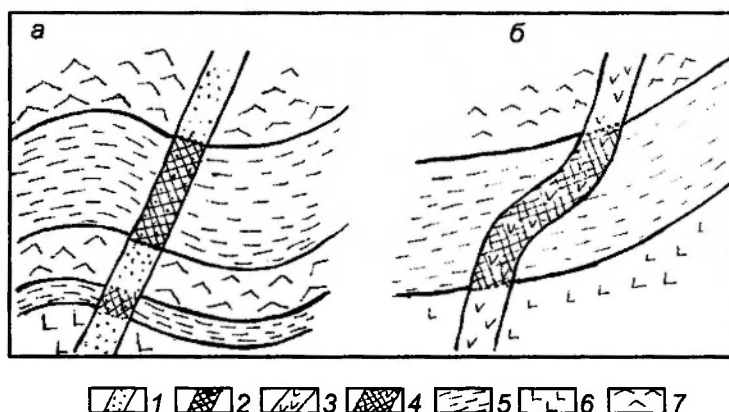


Рис. 26. Схема литологического контроля золотоносности кварцевой жилы (а)

и дайки (б) при пересечении ими пород повышенной золотоносности

1 – кварцевая жила незолотоносная; 2 – то же, золотоносная; 3 – дайка незолотоносная; 4 – то же, золотоносная; 5 – золотоносные породы; 6 – диабазы; 7 – порфириты

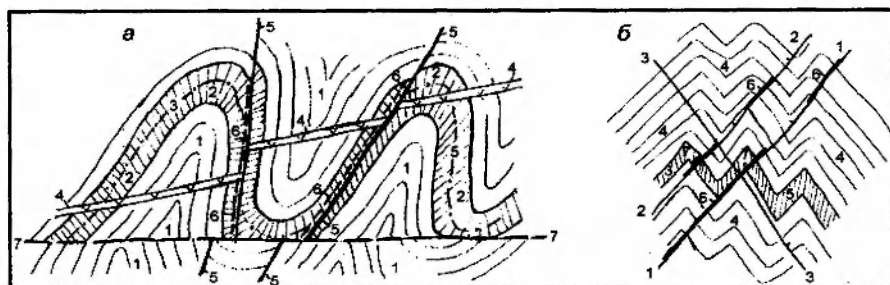


Рис. 27. Золотоносность кварцевых жил при пересечении ими продуктивных на золото горизонтов. Месторождение Виктория. По Е. Дану (Dunn, 1929)

а: 1 – песчаники и сланцы; 2 – продуктивный горизонт; 3 – прослой особенно богатый золотом (“риф”); 4 – дайка; 5 – кварцевые жилы; 6 – участки золотоносности кварцевых жил; 7 – пострудный разлом. б: 1–1 и 2–2 разломы без смещения, падающие на запад; 3–3 – разлом без смещения, падающий на восток; 4 – сланцы; 5 – продуктивный горизонт сланцев; 6 – кварцевые жилы; 7 – участки золотоносности кварцевых жил

как была доказана безрудность батолитов (теория Эммонса), а также автохтонных ультраметаморфических гранитов (исследования А.В. Сидоренко).

Однако, наблюдаемые факты, особенно полученные нами по Коммунарловскому месторождению, привели нас к идее, что золотоносность даек, как и кварцевых жил, является функцией золотоносности вмещающих их пород (рис. 26б). Остановимся более подробно на этом вопросе.

Все дайки Коммунарловского месторождения, несущие промышленную золотоносность – Апрельская, Масловская, и др., – с понижением фронта очистных работ оказались незолотоносными. Причина одна – они оказались в пределах нижней порфиритовой толщи, определенной нами как непродуктивная. Следует заметить, что возможность обнаружения в порфиритовой толще прослоев пород с повышенной, даже рудной золотоносностью, не исключается, но таковые не установлены.

Изучая особенности золотоносности даек, нами была установлена общая картина распределения оруденения в дайках. Дайки испытали незначительную складчатость и золотое оруденение в них преимущественно тяготеет к изгибам – “замкам складок”. В принципе оруденение в дайках по морфологии отвечает типу “лестничных жил”, а по механизму образования – “тектонической гипотезе” В.Г. Петрова, рассмотренной выше.

Более того, анализируя разрезы и планы с данными опробования за разные годы, мы констатировали даже золотоносность пострудных даек “малхитов”. Данные опробования кварцшлага 4 Подлунного участка однозначно констатируют наличие золота в дайке малхита, в количествах, близких к промышленным. Нами этот факт проверен на ряде эксплуатационных горизонтов: пострудная дайка содержит золото, если находится среди золотоносных пород. Именно изложенные факты и позволили Б.Д. Васильеву (1997) утверждать, что дайковые образования на Коммунарловском месторождении всех возрастов являются золотоносными.

ВЫВОДЫ

Изложенные данные свидетельствуют о высокой подвижности золота в зоне гипергенеза и возможности его накопления в осадках за счет разных геологических процессов. И если можно сомневаться в первичной осадочной природе накопления золота в черных углистых сланцах в районе расположения золоторудных месторождений, как это считает А.Ф. Коробейников, полагая, что оно привнесено гидротермами, то установленные многочисленные факты высоких содержаний золота в породных прослоях среди углей в угольных бассейнах (как, например, в Кузбассе до 1 г/т в песчаниках при содержаниях 0,1 г/т в углях) эти сомнения рассеивают.

Можно считать доказанным и возможность обогащения золотом осадочных и вулканогенно-осадочных пород в процессе диагенеза и метаморфизма.

Таким образом, первично-осадочная природа накопления золота в осадках и последующие метаморфические гидротермальные процессы его перераспределения и концентрации, на наш взгляд, не вызывают сомнения в генезисе стратиформного оруденения. Но, надо заметить, что чем сильнее проявлены наложенные процессы метаморфизма, тем менее заметна первично-осадочная природа стратиформного золотого оруденения.

Разнообразие морфологических форм стратиформных рудных тел (и согласных, и дисконформных) объясняется различием физико-механических и кинематических свойств пород, участвующих в складчатых и позднескладчатых процессах и локализирующих оруденение.

Глава 6

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ НАПРАВЛЕНИЮ

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ

Изложение полной методики поисков далеко выходит за рамки данной работы, поэтому ниже мы остановимся только на основах методики поисков и разведки стратиформных месторождений, исходя из их особенностей, вытекающих из обобщения геологического материала по их строению.

Поскольку мы имеем дело с уже установленными районами развития промышленного золотого оруденения, проводимые поисковые и поисково-разведочные и разведочные работы преследуют цель расширения сырьевой базы действующих предприятий за счет обнаружения и разведки рудных тел в пределах уже вскрытых горными работами участков рудных полей или к ним примыкающих.

Названные работы должны базироваться на следующих основных поисковых критериях, определяющих возможность локального прогнозирования и встречи в первую очередь промышленных рудных тел стратиформного типа.

1. Литолого-стратиграфические критерии: приуроченность рудных тел к определенным литолого-стратиграфическим горизонтам осадочных и вулканогенно-осадочных метаморфизованных пород. Особенно благоприятными на обнаружение оруденения являются черные углеродистые сланцы, серые и темно-серые углеродсодержащие карбонатные и кремнисто-карбонатные породы, углисто-кремнистые сланцы, основные, средние и кислые эффузивы и их туфы и ортосланцы.

2. Структурные критерии: приуроченность рудных тел к замкам антиклинальных и синклинальных складок (в пределах выявленных золотоносных горизонтов, пачек и прослоев) и отсутствие связи с разрывными нарушениями постскладчатого орогенного этапа. Кварцевые и карбонатно-кварцевые жилы, локализованные в постскладчатых разломах, являются, как правило, непромышленными.

3. Магматогенные критерии: связь районов промышленной золотоносности с основными вулканитами, одновозрастными с осадкообразованием. Пространственная связь с гранитоидными интрузиями отсутствует: промышленные золотоносные

жилы ни в зоне эндоконтакта, ни в зоне экзоконтакта не установлены. Исключение составляет рудное поле месторождения Чибижек (Константиновское). Наличие золотоносных жил объясняется высокой золотоносностью известняков рамы, отвечающих протерозойскому возрасту.

4. Минералогические критерии: присутствие в осадочных породах повышенных содержаний углеродистого вещества (УВ), их послойная пиритизация, наличие сингенетического пирита и органо-пиритовых конкреционных выделений, повышенное количество магнетита в тяжелой фракции.

5. Геохимические критерии: повышенное содержание золота в количествах, превышающих в десятки и сотни раз кларковые содержания.

6. Метаморфические критерии: наиболее благоприятны на золотое оруденение породы зеленосланцевой фации метаморфизма, хотя промышленное оруденение отмечается и в биотитовой, и в эпидот-биотитовой зонах метаморфизма. Ввиду того, что золоторудные месторождения – это зачастую сложные природные рудные объекты, в пределах которых могут быть как стратиформные метаморфогенные, так и трещинно-жильные рудные тела магматогенно-гидротермального генезиса, считаем целесообразным привести поисковые критерии обоих типов оруденения (табл. 8).

Таблица 8. Классификация поисковых признаков золотого оруденения

Поисковые признаки и факторы оруденения	Гидротермальное (постмагматогенное) оруденение	Стратиформное (метаморфогенное) оруденение
Стратиграфический	–	++++
Фациальный	–	++
Литологический	+	++++
Складчатостый (складчатость)	++	+++
Разрывные нарушения	++++	+
Метаморфизм региональный	–	++++
синскладчатый		
То же, динамотермальный	++	++
Связь с магматизмом (плутонизмом)	++++	+(++)
Связь с вулканизмом	+++	++
Геохимический	Вертикальная зональность	Стратиграфическая зональность
Пробность золота	Различная по стадиям рудообразования и глубине залегания рудных тел	Одинаковая на разных гипсометрических отметках, т.е. не зависит от глубины залегания рудных тел
Связь с гидротермально-измененными породами	+++	+
Наличие седиментационного ОВ	+	+++
То же, гидротермального	+++	+

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОИСКОВ

Формально методика разведочных работ на стратиформных месторождениях близка к методике разведки месторождений трещинно-жильного типа. Однако складчатая форма рудных тел, изменяющиеся условия залегания, форма и ундуляция зам-

ков складчатых рудных тел налагают определенный отпечаток и влияют на выбор формы и плотности разведочной сети и особенно на расположение, геометрию и выбор длины (секции) проб.

Расчеты плотности и формы разведочной сети должны определяться с учетом направления основных складчатых структур и сопровождаться расчетом коэффициента вариации содержаний золота и отстройкой автокорреляционных функций содержаний золота (для определения оптимального размера сети) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Это позволяет выявить направление максимальной изменчивости содержаний золота и период колебаний их закономерных составляющих.

Не во всех случаях оказывается оптимальной система расположения борздовых проб в кваршлагах и ортах параллельно почве выработок, как это рекомендуется действующими инструкциями, без учета изменяющихся простираций, падений и склонов рудных тел.

Строгое следование действующим инструкциям без учета стратиформных закономерностей приводит к значительным погрешностям при расчете среднего содержания и количества запасов золота и в целом ряде случаев не гарантирует от пропуска рудных интервалов.

Представления о морфологии и условиях залегания рудных зон стратиформных месторождений позволяют более точно определить группу месторождений, определяющую методы, форму и плотность разведочной сети. Месторождения с относительно равномерным содержанием золота (золото-сульфидно-вкрапленный тип) отвечают второй–третьей группе месторождений ГКЗ. Стратиформные месторождения с крайне неравномерным содержанием золота (золото-кварцевый жильно-прожилковый тип) отвечают третьей – четвертой группе месторождений. И, наконец, месторождения или их участки, осложненные пострудными нарушениями, отвечают четвертой группе месторождений по классификации ГКЗ (Инструкция..., 1983).

С целью удешевления поисково-оценочных и поисково-разведочных работ предлагается подходить к стратиформным золоторудным месторождениям на разных стадиях геологоразведочных работ как к рудным объектам двухуровневой сложности геологического строения. При поисках рудных горизонтов (пачек) рассматривать эти месторождения как 2-ой и 3-ей группы сложности, а оценку содержания золота на стадии разведки в рудных горизонтах и пачках пород производить как на месторождениях 3-ей и 4-ой групп сложности, согласно классификации ГКЗ.

СОВЕТСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

На сегодня, как сказано выше, существует два существенно отличных представления на строение и закономерности пространственного положения промышленных рудных зон и рудных тел в пределах рудного поля Советского месторождения, их форму и условия залегания, которые обуславливают принципиально разные методики поисков и разведки.

Точка зрения на строение Советского месторождения, принятая на руднике, исходит из того, что промышленные рудные зоны приурочены к крупным разломам (Главному, I и II Широтным, Сухого Лога и др.) или же к участкам пересечения оперяющих их трещин и так называемых “зон смятия”, которые, по данным автора, являются зонами вторичной сланцеватости.

Разрывная тектоника считается главным рудоконтролирующим фактором, определяющим положение и условия залегания рудных зон и отдельных рудных тел в пределах последних. Прогноз положения рудных зон месторождения на глубокие горизонты согласно представлениям, принятым на руднике, показан на рис. 28.

На месторождении геологической службой рудника выделяется семь основных рудных зон (I–VII), которые, по представлениям рудничных геологов, характеризуются значительными размерами по простиранию и падению (как правило, это многие сотни метров) и постоянными, выдержанными условиями залегания. Зоны залегают круто, почти вертикально, их мощность составляет первые десятки метров. В последние годы, до остановки добычи, работы были сосредоточены в пределах VI жильной зоны, где выделено 5 рудных тел, из которых два юго-западных тела падают круто к юго-западу под углом 70–80°, три северо-восточных – к северо-востоку под тем же углом.

Многочисленные продольные разрывные нарушения северо-западного простирания, в том числе все крупные разломы, сопровождающиеся зонами дробления, по мнению рудничных геологов, являются дорудными и определяют положение и рудных зон, и рудных тел. Поперечные разломы субширотного простирания так же рассматриваются как дорудные. По терминологии рудничной службы, они являются “проницаемыми” для гидрогермальных рудообразующих растворов и не вызывают смещение рудных тел. Данные представления полностью разделяются экспертами ГКЗ.

Согласно изложенной точке зрения, методика поисковых и разведочных работ строится на прослеживании основных разрывных нарушений и выявленных рудных зон по простиранию и на глубину.

Принципиально отличная точка зрения на строение Советского месторождения получена в результате исследований, проведенных Иргиредметом (В.А.Филонюк, В.Т.Григоров, 1971–1976 гг.). По результатам работ, изложенным выше, установлена складчато-блоковая структура месторождения. Все крупные разрывные нарушения – и продольные, и поперечные – являются пострудными и не контролируют оруденение. Рудное поле месторождения разбито основными разрывными нарушениями (Главное, I и II широтные) на четыре крупных тектонических блока: Северо-Западный, Северо-Восточный, Центральный и Юго-Западный. Положение рудных зон и рудных тел в пределах крупных тектонических блоков определяются наличием продуктивного горизонта и складчатостью (рис. 29).

Положение I–III рудных зон определяются шарниром и крыльями крупной антиклинали, залегающей в Северо-Западном тектоническом блоке. (рис. 30). IV и V рудные зоны приурочены к северо-восточному крылу синклинали Северо-Восточного тектонического блока. VI рудная зона месторождения контролируется положением антиклинали, расположенной в пределах Центрального тектонического блока. Юго-

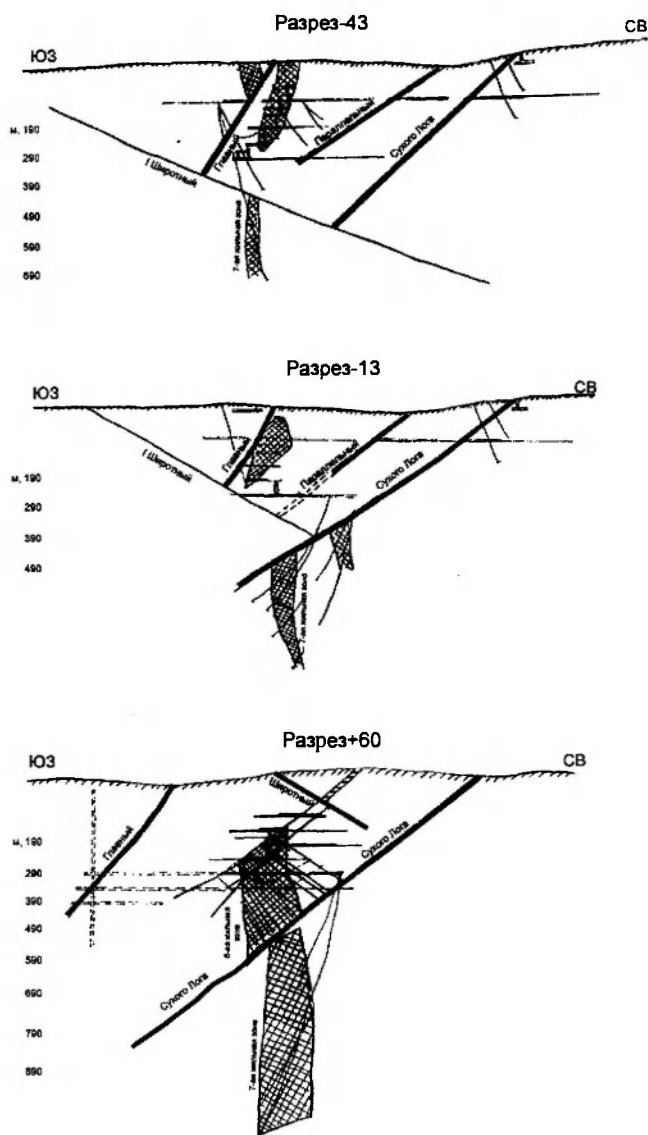


Рис. 28. Советское месторождение. Прогноз положения рудных зон (заштриховано) с учетом данных глубокого бурения согласно представлениям геологов рудничной службы
Условные обозначения те же, что и на рис. 1

западные рудные тела VII рудной зоны отвечают одноименному крылу названной антиклинали, а три северо-восточных рудных тела – ее северо-восточному крылу. Названные тектонические блоки значительно смещены относительно друг друга по Главному и I и II Широтным разломам.

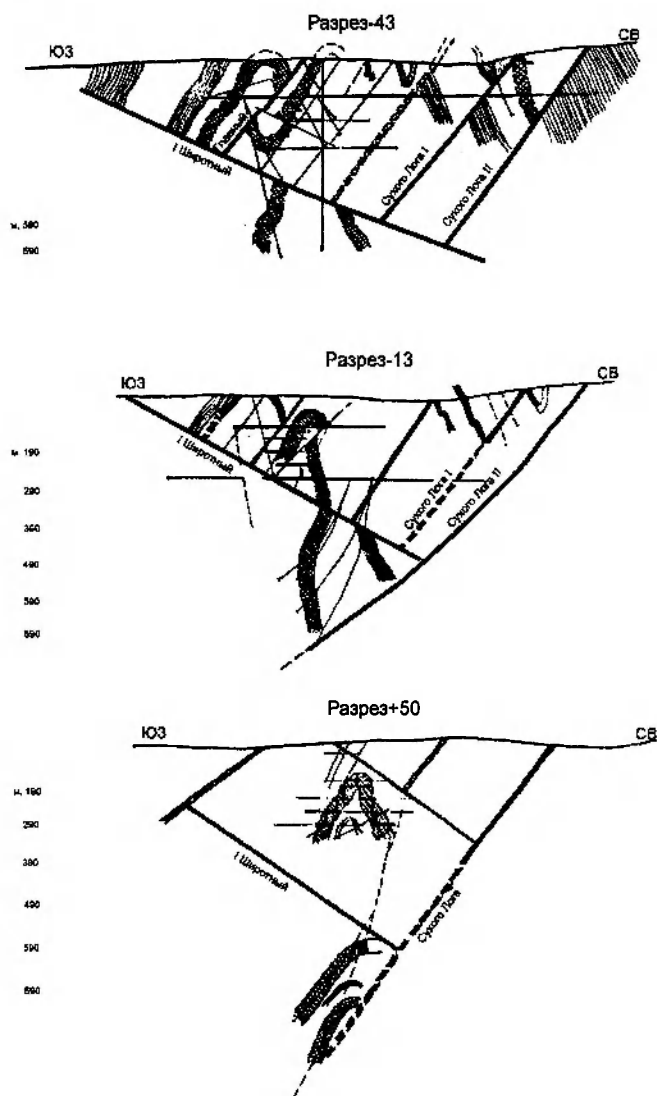


Рис. 29. Советское месторождение. Прогноз положения рудных зон (заштриховано) с учетом данных глубокого бурения, установленный по представлениям автора
Условные обозначения те же, что и на рис.1

Перечисленные особенности и определяют принципиально отличную методику поисковых и разведочных работ на Советском месторождении, предлагаемую автором.

На основании установленных основных структурных закономерностей распределения золотосодержащих кварцевых тел Советского месторождения представляет-

ся возможным определить следующие основные поисковые критерии обнаружения промышленного золотого оруденения в пределах рудного поля Советского месторождения и его района.

1. Рудные тела приурочены к продуктивным горизонтам темно-серых до черных углистых сланцев (филлитов), не отличающимся макроскопически от непродуктивных, представляющих собой большинство слагающих рудное поле пород, но характеризующимся повышенной золотоносностью, повышенным содержанием углерода, магнетита и сульфидов.

2. Условия залегания основного продуктивного горизонта мощностью 50–80 м определяются складками северо-западного простираения с размахом крыльев 200–300 м и резкой ундуляцией осей в пределах замков складок.

3. Рудное поле Советского месторождения разбито на ряд крупных тектонических блоков, испытавших дифференцированные движения с амплитудой смещения от многих десятков до первых сотен метров, в результате чего основной продуктивный горизонт оказался в разных блоках, разорван и испытал смещение отдельных частей по Главному, I и II Широтным и многочисленным более мелким разрывам.

4. Распределение промышленных рудных тел в пределах рудных зон ярусное (см. рис. 30), а в пределах основного продуктивного горизонта неравномерное и определяется условиями залегания складок с размахом крыльев 10–30 м.

5. В пределах рудного поля кроме основного продуктивного горизонта выделено еще два, промышленная значимость которых не установлена.

Методика поисково-разведочных работ на Советском месторождении должна строиться на основе установленных поисковых критериев, т.е., прежде всего, на обнаружении и прослеживании продуктивных горизонтов по простираению и падению с картированием и прослеживанием пликативных и осложняющих разрывных дислокаций. Работы необходимо проводить с учетом методических рекомендаций по применению термографического метода при поисках месторождений золота в черных сланцах (Коткин, Титкова, 1982).

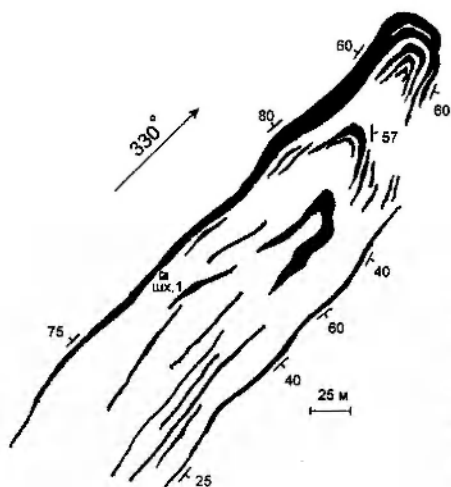


Рис. 30. Советское месторождение. Ярусность золотого оруденения как один из поисковых признаков, установленный по данным отработки I–III рудные зоны (черное). План. Карьер б. Геолого-маркшейдерская документация начала 1940-х годов.

Продуктивные горизонты (рудные “полосы”) и особенно замковые части складок как в пределах самого Советского месторождения, так и в его районе, являются главными рекомендуемыми нами объектами поисковых и разведочных работ.

В качестве первоочередных объектов в центральной части рудного поля Советского месторождения рекомендуются участки с ожидаемыми запасами промышленных руд, отвечающие требованиям открытой разработки и находящиеся на удалении не более 10 км от ЗИФ: месторождения Полярная Звезда (приштольневый участок), Огне-Потеряевское (участок замыкания антиклинали), рудопоявление Заявка №14 и участок Сухого Лога.

Предлагается поисково-оценочные и разведочные работы в пределах рекомендованных участков вести с помощью колонкового бурения по методике, разработанной под руководством В.А. Филонюка (Филонюк, 1989; Филонюк и др., 1985). При этом необходимо в местах предполагаемой встречи продуктивного горизонта предусмотреть двойное и тройное пересечение ожидаемых рудных интервалов путем отклонения скважин с помощью клина. Это значительно повысит представительность буровой разведки.

Поисково-разведочные работы рекомендуется проводить по принципу сгущения сети скважин на отдельных участках, как это предлагается авторским свидетельством, и распространять полученные данные по рудоносности на прослеживаемые рудные горизонты, что значительно повысит достоверность оценки и разведки и одновременно значительно удешевит стоимость работ.

На участках, где ожидается выход продуктивных горизонтов на дневную поверхность, поиски и разведку целесообразно вести с проходкой траншей в сочетании с буровыми работами.

ОЛИМПИАДИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Для месторождения, как выше отмечено, установлен четкий литолого-стратиграфический и структурный контроль оруденения. Все известные рудные тела – зоны золото-сульфидных вкрапленных руд – приурочены к замкам складчатых структур и залегают в пределах одной продуктивной пачки пород – в кремнистых метасоматически измененных известняках. Размер и морфология рудных тел обусловлены размерами и формой складок.

Самое крупное рудное тело № 4 приурочено к круто погружающемуся замку самой крупной складки (Медвежинская антиклиналь). Структурно оно является аналогом самого крупного тела месторождения Морру-Вельо, Бразилия, которое локализовано в замке погружающейся антиклинали и отработано по склонению на расстояние 2,4 км. Несомненно, что дальнейшие поисково-разведочные работы установят значительное продолжение рудного тела № 4 в направлении склонения замка складки и опровергнут принятое сейчас мнение, что структура Олимпиадинского месторождения определяется его положением в надинтрузивной зоне на пересечении зон субмеридионального и двух субширотных разломов.

КОММУНАРОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

На сегодня имеется две существенно отличные точки зрения на строение и закономерности пространственного размещения отдельных месторождений и одиночных золотоносных кварцевых жил Коммунарковского рудного поля и их генезис.

Точка зрения на строение Коммунарковского рудного поля, принятая на руднике, исходит из того, что промышленные рудные тела и жилы сформировались в одно время под воздействием гидротерм палеозойских гранитоидов, а их размещение в пространстве определялось наличием разрывных нарушений, существовавших на период их внедрения. Принимается установленным, что рудоносные растворы поднимались снизу и шли по разломам – Центральному, Масловскому, Апрельскому и другим, которые рассматриваются как рудоподводящие и рудоконтролирующие. Оруденение считается приуроченным к этим разломам или к более мелким, их оперяющим.

Принципиально другая точка зрения на строение и закономерности распределения рудных тел на Коммунарковском рудном поле была установлена Н.А. Фогельман и развита нами в процессе исследований института Ирригиредмет (1979 г). В пределах рудного поля установлено два разновозрастных типа промышленного золотого оруденения, отвечающего разным условиям образования: стратиформное рифейского возраста I этапа и трещинно-жильное, генетически связанное с палеозойскими гранитоидами, II этапа.

Исходя из установленных факторов образования двух разных промышленных типов оруденения, устанавливаются следующие основные поисковые критерии промышленного золотого оруденения в пределах рудного поля Коммунарковского месторождения:

1. Стратиграфический: промышленное золотое оруденение приурочено к нижним горизонтам вулканогенно-осадочной толщи, тяготея к ее контакту с подстилающей диабазово-порфировой толщей; мощность продуктивной пачки 200–300 м.

2. Литолого-петрографические: промышленное оруденение преимущественно локализуется в эффузивах и интрузивных породах (силлы и дайки) как наиболее благоприятных по физико-механическим свойствам к трещинообразованию, но при условии, что последние залегают в пределах вулканогенно-осадочной толщи (генетическое родство).

3. Структурные: а) – стратиформное золотое оруденение I этапа тяготеет к замкам складок, характеризующимся пониженной плотностью пород и повышенной трещиноватостью; б) – промышленное жильное золотое оруденение II этапа приурочено к тектоническим разрывным нарушениям северо-восточного от субмеридионального до субширотного простирания и крутого падения в восточных румбах, а также к участкам трещиноватости в дайковых породах протерозойского и палеозойского возраста.

4. Минералогические критерии: промышленное стратиформное золотое оруденение I этапа сопровождается актинолитом и высокозолотоносными сульфидами и

развито среди зеленокаменных пород; промышленное золотое оруденение II этапа (жилы) носит эпигенетический характер и ассоциируется со слабозолотоносными сульфидами.

5. Тектонические критерии: необходимо учитывать возможность смещения отдельных частей рудных тел I этапа оруденения по ограничивающим их разломам на расстояние многих десятков и первых сотен метров. Для рудных тел и жил II этапа оруденения эти смещения не превышают первых десятков метров.

Учитывая изложенное, можно заключить, что методика проводимых в настоящее время на руднике поисково-разведочных работ, ориентированная на поиски и разведку золотого оруденения, локализованного исключительно в тектонических разрывных структурах и в дайковых породах, залегающих среди диабазово-порфиритовой толщи, в своем главном направлении является ошибочной. Это направление работ базируется только на предполагаемой генетической связи золотого оруденения с Солгонской интрузией и формированием его в один рудный этап в пределах поднимающейся гидротермальной колонны в раннем палеозое.

Наши предложения по направлению и методике поисков и разведки сводятся к следующему:

1. Главным объектом поисков и разведки следует считать участки развития пород вулканогенно-осадочной толщи и особенно ее контакта с подстилающей вулканогенной диабазово-порфиритовой толщей (пачка пород мощностью 200–300 м, считая от нижнего контакта).

2. Первоочередными участками поисков и разведки являются приконтактные (с нижней толщей) прослои эффузивов, разновозрастные силлы и дайки с повышенной золотоносностью, приконтактные участки этих пород с вмещающими углисто-глинистыми, углисто-кремнистыми сланцами и углеродистыми известняками, а также сами углисто-глинистые, углисто-кремнистые сланцы и битуминозные известняки, особенно если последние обогащены сингенетичным пиритом, образующим характерные типоморфные вкрапленники, или осложнены складками высоких порядков.

3. Проводить систематическое опробование всех встречаемых разновидностей пород, вскрываемых горными выработками и скважинами поинтервально без деления на “благоприятные” и “неблагоприятные” – измененные или неизмененные, окварцованные или неокварцованные; сократить интервал опробования в пределах вулканогенно-осадочной толщи до 1–2 м, т.к. отдельные маломощные прослои до нескольких десятков сантиметров могут иметь двухзначные содержания и определять промышленную значимость рудного интервала в пересчете на выемочную мощность.

4. Рекомендовать на поисковых и разведочных участках равномерную сеть горных выработок и буровых скважин; рекомендовать повторное разбуривание (пересечение) установленных рудных интервалов.

5. Учитывать возможность смещения отдельных частей штокверковых рудных тел I этапа оруденения по ограничивающим их разломам на расстояние в многие десятки и первые сотни метров; для рудных жил II этапа оруденения эти смещения не превышают первых десятков метров.

САРАЛИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Согласно нашим исследованиям, две наиболее известные и в настоящее время обрабатываемые “жилы” месторождения Андреевская и Каскадная залегают в крыльях синклинали, запрокинутой на юг и разбитой субмеридиональными разрывными нарушениями на три крупных тектонических блока: Восточный, Центральный и Светлый. Исследования показали, что “жилы” Андреевская и Каскадная состоят из серии кулисообразно расположенных линзовидных тел, несущих следы пликативных дислокаций.

По нашему мнению, глубокие нижние горизонты Саралинского месторождения не перспективны на встречу стратиформного оруденения: замыкание складки (“встреча” Андреевской и Каскадной “жил”) ожидается на 24 горизонте (в районе створа шахт).

Правда, на Саралинском месторождении, как и на Коммунарском, кроме “жил”, отвечающих более древнему стратиформному этапу рудообразования, отмечаются более молодые секущие золотоносные кварцевые жилы, значение которых явно подчиненное, а прогнозирование затруднено. Более реальны перспективы в прослеживании смещенных крыльев складчатой структуры, контролирующей положение Андреевской и Каскадной “жил” (например, “жила” Встречная, являющаяся смещенным продолжением Каскадной “жилы”).

Методику и направление геологоразведочных работ в пределах Саралинского рудного поля определяют следующие рудоконтролирующие факторы:

1. Саралинское рудное поле имеет блоковую структуру, оно разбито на ряд крупных тектонических блоков, испытывавших дифференцированные крупноамплитудные смещения относительно друг друга.

2. В пределах крупных тектонических блоков отмечается сложная складчатая и разрывная структура слагающих их пород, в том числе и золотоносных кварцевых, которые выделяются как рудные тела.

3. Пространственное положение рудных тел определяется наличием двух разных типов золотого оруденения: стратиформного и жильного гидротермального.

4. Положение стратиформных золотоносных тел (Андреевско-Каскадный тип) определяется стратиграфическим положением продуктивных горизонтов и поддается локальному прогнозу.

5. Положение золотосодержащих кварцевых жил (Россомахинско-Трасвальский тип) определяется положением тектонических трещин и разрывов и не поддается локальному геологическому прогнозу. Частично их обнаружение возможно по анализу аэро- и космоснимков.

ОСОБЕННОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАПАСОВ

На Советском месторождении в последние два с половиной десятилетия, до останковки работ, в подавляющем объеме применялась система отработки с подэтаж-

ным обрушением. Применяемая методика оконтуривания промышленных запасов руд, не учитывающая морфологию и изменяющиеся условия залегания рудных тел, несовершенна и обладает большой погрешностью. Достаточно сказать, что, по оценкам автора, в отдельные годы до 40% руды добывалось за пределами промышленных контуров, причем зачастую качество руды в законтурном пространстве на 10% было выше, чем в пределах промышленного контура (Григоров, 1986 г).

С целью исправления погрешностей предлагается проводить оконтуривание промышленных разведываемых и особенно подготавливаемых к выемке (после проведения эксплуатационной разведки) запасов с учетом изменяющихся элементов залегания и складчатой морфологии рудных тел (рис. 31). Контуров предлагается проводить с учетом генерализованных (обобщенных) элементов залегания “полосчатости” руд или ориентировки “ксенолитов” сланцев.

Подсчеты, проведенные по ряду рудных тел, показывают, что объем пустых пород в выемочных контурах сократится не менее чем на 15% и, соответственно, повысится содержание золота в рудах в пределах измененных контуров по сравнению с прежними не менее чем на 5–10%. Ожидаемый экономический эффект на каждую тонну отбитой руды может составить от 3 до 5 долл. США в зависимости от среднего содержания золота в подсчетном блоке (3–4 г/т).

Методика оконтуривания промышленных запасов, разработанная для Советского месторождения, применима для всех стратиформных месторождений с объемными рудными телами (рудными телами большой мощности и нечеткими границами).

На методику оконтуривания промышленных запасов влияет принятая на месторождении схема расположения бороздовых проб (рис. 32). По принятой методике

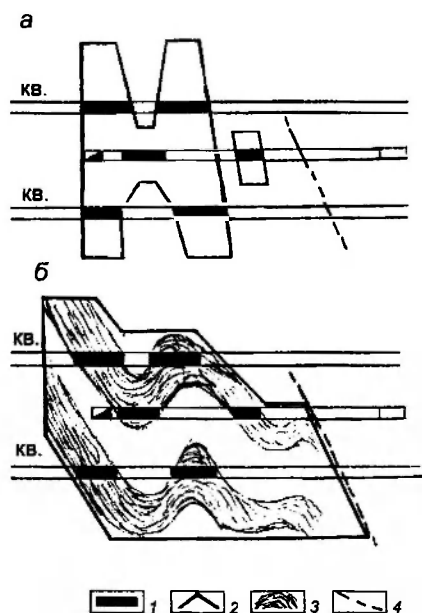


Рис. 31. Схема оконтуривания промышленных запасов руд на стратиформных месторождениях по данным опробования квершлагов (поперечные разрезы)

а – без учета элементов залегания и строения рудных тел; *б* – с учетом элементов залегания и строения рудных тел. 1 – рудные подсечения; 2 – контуры очистного пространства; 3 – складчатая форма рудного горизонта; 4 – разрывные нарушения

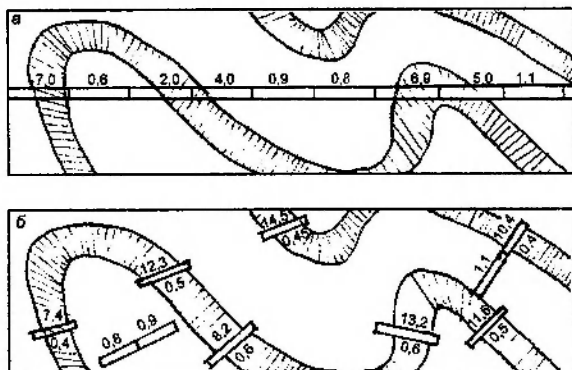


Рис. 32. Советское месторождение. Схема расположения бороздовых проб на стенке кваршлага
а – принятая сейчас на руднике; *б* – использовавшаяся ранее, в 30–40-х, начале 50-х годов, и рекомендуемая автором по результатам проведенных исследований. 1 – сланцы, 2 – золотоносные кварцевые тела, 3 – бороздовые пробы с указанием содержания в г/т (вверху) и их длины в м (внизу)

(см. рис. 32*а*) среднее содержание на рудное подсечение составляет 2,4 г/т, а по ранее принятой методике (см. рис. 32*б*) оно составляет с учетом рудоносности сланцев и средней кварценосности 33% – 4,4 г/т.

Другими словами, принятая схема горизонтального положения бороздовых проб, рекомендованная ГКЗ, приводит к возможному пропуску рудных интервалов (рудных подсечений), т.к. занижает содержание золота в последних.

ВЫВОДЫ

Разработанные методики поисковых и геологоразведочных работ, основанные на установленных закономерностях распределения золотого оруденения с учетом критериев стратиформного рудообразования, позволяют объективно оценить промышленные запасы руд и прогнозные ресурсы и наметить основные направления доразведки эксплуатируемых месторождений Енисейского края и Кузнецкого Алатау, что явится основой значительного укрепления рудной сырьевой базы действующих предприятий.

Глава 7

МЕТОДИКИ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНОК СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономическая оценка золоторудных месторождений, как и любых других месторождений твердых полезных ископаемых, является интегральной комплексной оценкой геологических и горнотехнических условий разработки месторождений и вероятного получаемого экономического эффекта в денежном выражении от их разработки. Геолого-экономическая оценка месторождений базируется на результатах проведенных геологоразведочных работ, которые завершаются подсчетом запасов руд и металла, производимого на основе разработанных кондиций. Кондиции учитывают геологические особенности месторождения, требования горной технологии и условия, обеспечивающие рентабельность отработки месторождения, рациональное использование недр и охрану окружающей среды.

Как известно, под геолого-экономической оценкой месторождений понимается оценка запасов руды, металлов и других возможных полезных компонентов; под экономической оценкой месторождений понимается их денежная оценка (Астахов, 1981; Каждан, Кобахидзе, 1985).

Проблеме геолого-экономической и экономической оценкам месторождений твердых полезных ископаемых, и в том числе золоторудных, посвящены работы А.С. Астахова, Н.В. Базилева, М.Н. Денисова, А.Я. Каца, Л.П. Кобахидзе, Ж. Матерона, Е.О. Погребницкого, В.И. Тернового, Н.Г. Фейтельмана, Т.С. Хачатурова, Н.А. Хрущева.

Вопросам собственно геолого-экономической оценке месторождений и подсчету запасов посвящены работы А.Б. Каждана, И.Д. Когана, А.М. Марголина, В.И. Смирнова, А.П. Прокофьева и других.

В последнее десятилетие в связи с переходом экономики страны на рыночные отношения значение экономической оценки месторождений резко возросло, т.к. месторождения становятся предметом “купли-продажи”.

На экономическую оценку месторождений, прежде всего, влияют: конъюнктура мирового рынка (особенно это касается золота), цена реализации, система налогообложения, таможенная политика, государственная поддержка. Так, по данным В.П. Орлова (1999), в новых экономических условиях нерентабельными оказались

около 50% золотодобывающих предприятий (приисков и рудников). С другой стороны, автору известны, правда, немногочисленные, случаи успешной разработки новых месторождений рудного золота, которые в старых экономических условиях вряд ли бы имели место из-за жесткой экономической политики, проводимой центром.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Основой геолого-экономической оценки месторождения является собственно геологическая оценка (Каждан, 1977), которая целиком основывается на результатах проведенных геологоразведочных работ. При этом подчеркнем, что значительную (если не определяющую) роль играют принятые представления (рабочая гипотеза) об условиях образования и структуре месторождения, а также условиях залегания и морфологии рудных тел, которые фактически определяют методику работ и плотность разведочной сети.

Геологическая оценка заканчивается подсчетом запасов полезных ископаемых. Конечная цель геологической оценки – определение количества и качества минерального сырья в недрах и постановка их на балансовый учет с определением их технологических свойств и горно-технических условий разработки. Разведанные запасы полезных ископаемых в недрах принято относить к геологическим. Геологическая оценка проводится на основе разработки промышленных кондиций к качеству руды, оконтуриванию рудных тел и к технологии разработки. На геологическую оценку месторождения оказывают влияние геологические особенности месторождения и его местоположение.

В принципе геологическая оценка месторождения невозможна в отрыве от целого ряда экономических показателей, прежде всего, от минимального промышленного содержания. Поэтому мы предлагаем термин “геолого-экономическая оценка” вместо термина “геологическая оценка”. При этом под геолого-экономической оценкой месторождений мы предлагаем понимать оценку балансовых запасов и прогнозных ресурсов с содержанием равным или выше минимально-промышленного. В основу геолого-экономической оценки стратиформных месторождений положены их типоморфные черты – стратиформность и приуроченность к определенным литолого-стратиграфическим горизонтам, пачкам, прослоям, или же к другим четко обособленным геологическим телам, например, прослоям эффузивов или силлам.

За основу геологической оценки количества и качества запасов руды и прогнозных ресурсов стратиформных золоторудных месторождений предлагается взять параметры рудоносной структуры (рудного горизонта, рудной пачки), т.е. их протяженность по простиранию и падению и мощность. Количество руды в рудоносной структуре определяется через объемный коэффициент рудоносности. Последний определяется как отношение объема руды к объему рудоносной структуры (рудного горизонта, рудной пачки).

Таким образом, геологическая оценка стратиформного золоторудного месторождения сводится к определению трех параметров рудного горизонта (рудной пачки),

расчету объема рудного горизонта (пачки) и вычислению объемного коэффициента рудоносности рудного горизонта. Объемный коэффициент рудоносности, который непосредственно вычислить трудно, заменяется расчетным площадным (рис. 33), т.е. значения площадного коэффициента экстраполируются в значения объемного коэффициента. Расчет коэффициента рудоносности рекомендуется производить с учетом минимально-промышленного содержания, определяемого с учетом конъюнктуры рынка.

Непосредственно определение параметров рудного горизонта (рудной пачки, рудного слоя) и их рудоносности рекомендуется производить на поперечных геологических разрезах с вынесенными данными опробования. Фактически предлагаемая методика геологической оценки месторождения – это подсчет запасов и прогнозных ресурсов методом геологических разрезов, но он никогда не применялся на золоторудных месторождениях вследствие разной интерпретации геологических данных.

Достоверность предлагаемой методики оценки запасов и прогнозных ресурсов стратиформных золоторудных месторождений зависит от детальности геологического изучения месторождения и непосредственно количества и частоты геологических разрезов.

Достоверность предлагаемой методики оценки запасов нами апробирована на Советском золоторудном месторождении как наиболее полно изученном рудном объекте. Здесь на поперечных разрезах до глубины гор. 290 м в пределах I–VI рудных зон были определены параметры рудного горизонта (табл. 9), рассчитаны объем и коэффициенты рудоносности. Коэффициент рудоносности рассчитывался нанесением изолиний содержания золота на поперечные разрезы (см. рис. 33). Рудный контур

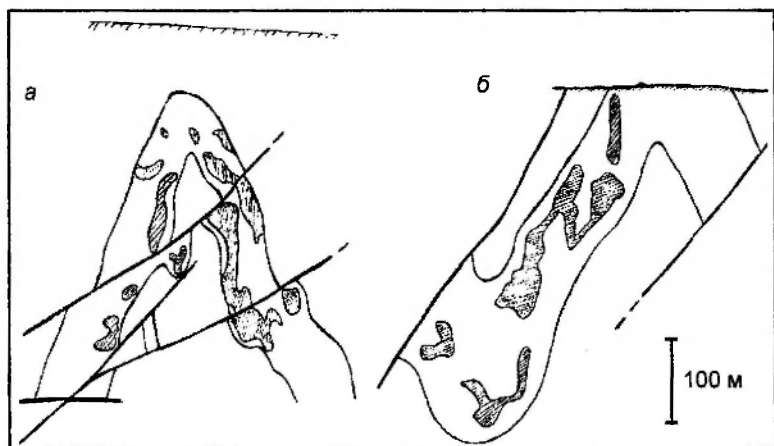


Рис. 33. Советское месторождение. Схема распределения рудных участков (заштриховано) в пределах продуктивных горизонтов на поперечных разрезах
а – VI рудная зона, б – V рудная зона.

Материалы Иргиредмета (Филонюк В.А., Григоров В.Т., 1975 г.)

Таблица 9. Расчет параметров рудного горизонта Советского месторождения: средней мощности (m) и ширины (длины в поперечном сечении, Ln), в м

№ п/п	Номер разреза	1-3 зона		4-5 зона		6 зона	
		m	Ln	m	Ln	m	Ln
1	-100	—	—	60,0	590,0	—	—
2	-95	40,0	100,0	50,0	540,0	—	—
3	-80	60,0	130,0	70,0	420,0	—	—
4	-75	50,0	170,0	75,0	440,0	—	—
5	-70	60,0	210,0	60,0	420,0	—	—
6	-65	70,0	210,0	65,0	460,0	—	—
7	-60	60,0	280,0	50,0	740,0	—	—
8	-55	60,0	280,0	70,0	530,0	—	—
9	-50	55,0	270,0	50,0	410,0	—	—
10	-43	—	—	50,0	400,0	—	—
11	-40	—	—	40,0	300,0	—	—
12	-23	—	—	50,0	330,0	—	—
13	±0	—	—	40,0	470,0	—	—
14	+3	—	—	40,0	440,0	—	—
15	+13	—	—	50,0	410,0	—	—
16	+18	—	—	50,0	310,0	—	—
17	+23	—	—	50,0	100,0	50,0	240,0
18	+35	—	—	—	—	60,0	520,0
19	+40	—	—	—	—	50,0	440,0
20	+50	—	—	—	—	55,0	670,0
21	+56	—	—	—	—	50,0	510,0
22	+65	—	—	—	—	60,0	440,0
Среднее по зоне		57,0	206,0	54,0	430,0	54,0	470,0
Среднее по зонам		Мощность – 55,0; ширина – 380,0					

выделялся по изолинии, равной минимально-промышленному содержанию (4 г/т). Расчеты выполнены В.В. Кривоборским.

Для сравнения производился и расчет запасов золота через расчеты кварценосности (рудоносности), т.е. насыщенности продуктивного горизонта золотоносным кварцем, и коэффициента кварценосности (табл. 10) и среднего содержания золота кварца по рудным зонам (табл. 11).

По результатам расчетов вычислено количество руды и золота. Расчетные величины запасов были сравнены с суммой погашенных и подсчитанных (апробированных в ГКЗ) запасов. Расхождение дало ошибку в 12%. Это очень высокая сходимость. Следует напомнить, что общепринятым считается, что достоверность подсчета запасов по категории А – 12%, категории Б – 24–26% и по категории С₁ – около 50%.

Таким образом, расхождение в подсчете запасов по предлагаемой методике и официальным подсчетом достигает 12%, что свидетельствует о достаточно высокой степени достоверности предлагаемой методики оценки запасов.

Геологическая оценка запасов с интерполяцией технико-экономических параметров (минимально-промышленное содержание, метропроцент, метрограмм и т.д.) трансформируется в геолого-экономическую. Геолого-экономическая оценка стратиформных золоторудных месторождений с учетом интерполяции и экстраполяции параметров и рудоносности рудных горизонтов на фланги и глубину позволяет, по нашему мнению, дать более объективную прогнозную оценку рудных объектов, чем это делалось ранее.

Таблица 10. Расчет коэффициента кварценоности (рудноности, Кр) по отработанным камерам по 5 и 6 рудным зонам Советского месторождения

№№ зон	№№ камер	Стенка	Σ Кр	N ^{х)}	Кр ^{хх)}	
					по стенке	по камере
6	74-1	ЮВ	10,56	29	0,364	0,395
		СЗ	10,41	24	0,433	
	74-3	ЮВ	12,25	33	0,371	0,349
		СЗ	9,44	29	0,325	
	76-6	ЮВ	26,80	41	0,653	0,636
		СЗ	29,84	48	0,621	
	80-2	ЮВ	37,98	95	0,399	0,394
		СЗ	35,79	92	0,389	
	78-3	ЮВ	19,46	66	0,294	0,336
		СЗ	25,59	69	0,370	
	78-4	ЮВ	14,26	65	0,219	0,290
		СЗ	21,99	60	0,366	
6	Итого по 6 зоне		254,3	651	—	0,390
5	51	ЮВ	20,46	53	0,386	0,372
		СЗ	16,40	46	0,356	
	52	ЮВ	22,08	53	0,416	0,435
		СЗ	24,07	53	0,454	
	1031-24	ЮВ	43,18	66	0,654	0,712
		СЗ	47,99	62	0,774	
	1031-25	ЮВ	39,23	54	0,726	0,664
		СЗ	32,49	54	0,601	
5	Итого по 5 зоне		245,90	441	—	0,557
5-6	Итого по 5 и 6 зонам		500,2	1092	—	0,458

^{х)}N – количество подсчетных элементарных площадок (одна элементарная площадка равна 16 кв. м); ^{хх)}Кр рассчитан взвешиванием на N.

Таблица 11. Расчет среднего содержания золота в кварце (С) по зонам Советского месторождения

№ зоны	Кол-во проб (N)	Среднее содержание ариф. (Ca)	NxCa	ΣNxCa	N	C
4	11801	14,52	171350,52	—	—	—
5	18229	8,28	155904,12	—	—	—
5	55502	11,67	647708,34	—	—	—
4-5				974962,86	86132	11,31
6	6103	12,07	73663,21	—	—	—
6	15537	16,43	255272,91	—	—	—
6				328936,12	21640	15,20

Точность расчета запасов и прогнозных ресурсов определяется шестью уровнями структурной неоднородности оруденения или рудных объектов (Филонюк, 1989), из которых четыре имеют определяющее значение:

- рудный горизонт (рудная пачка, рудный слой);
- рудное тело (залежь, лента, согласная жила);
- рудный столб (обогащенная часть рудного тела);
- рудное гнездо.

К стратиформным золоторудным месторождениям и проявлениям при их геолого-экономической оценке рекомендуется подходить как к рудным объектам разной степени сложности геологического строения, предусмотренных инструкцией ГКЗ: при определении параметров рудного горизонта (“рудной зоны”) как к месторождениям 2–3 степени сложности, а при определении содержания, учитывая очень высокий коэффициент вариации содержаний, как к объектам 3–4 степени сложности. Учет этих рекомендаций предлагается производить по методике, разработанной под руководством В.А. Филонюка (Филонюк и др., 1985).

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Экономическая оценка (собственно экономическая оценка) стратиформных золоторудных месторождений, по нашему мнению, также как и геолого-экономическая оценка, требует коррекции в общепринятой методике, т.е. некоторого особого подхода (Григоров, 1995, 2000; Григоров, Григоров, 1997). Как известно, экономическая оценка месторождения – денежная стоимость промышленных запасов (fair market value, FMV) – определяется возможностью расчета экономического эффекта в денежном выражении, который ожидается получить в результате эксплуатации месторождения т.е. реализации полученной продукции. Экономическая оценка месторождения базируется на подсчете запасов, т.е. по существу на геолого-экономической оценке и включает в себя совокупность факторов, определяющих экономический эффект эксплуатации (рентабельность разработки) и эффективность капитальных вложений в его освоение (окупаемость затрат и инвестиций).

Для оценки месторождений полезных ископаемых используются методы экономических расчетов, базирующиеся на оценке будущих доходов и расходов. Обычно используются два основных метода – рентный и денежных потоков. С нашей точки зрения, наиболее приемлем рентный подход, т.к. метод денежных потоков обычно используется не столько для расчета стоимости месторождений, сколько для определения экономической эффективности горнорудного проекта (Хилл, 1993), но в значительной степени эти методы пересекаются.

Экономическую оценку рудных месторождений рентным методом рекомендуется производить в соответствии с “Временной типовой методикой определения экономической оценки месторождений полезных ископаемых” по формуле:

$$I_n = \sum_{t=0}^T \frac{Z_t - S_t}{(1 + E)^t} \quad (6.1)$$

где I_n – интегральная экономическая оценка месторождения; Z_t – расчетная стоимость годовой добычи конечной продукции в оптовых ценах в t -м расчетном году; E – нормативный коэффициент дисконтирования, обычно принимаемый равным 0,08;

S_t – суммарные годовые производственные затраты в t -м расчетном году; T – период оценки; t – год оценки.

Величина I обычно рассматривается в условиях рынка как чистая текущая стоимость (net present value, NPV), а формула 6.1 обычно используется для расчета NPV с изменением величины коэффициента дисконтирования – ставки дисконтирования (discount rate) в пределах 10–20% (Хилл, 1993). Величина NPV очень сильно зависит от принятой ставки дисконтирования и сроков эксплуатации и даже при ставке 10% и сроке эксплуатации более 20 лет приводит к резкому занижению стоимости месторождения в 4–5 раз.

Во “Временной типовой методике...” (1980), как и при определении чистой текущей стоимости, использован принцип определения горной дифференциальной ренты (потока прибыли) как основы стоимостной, денежной оценки месторождений. Возражений это не вызывает при экономической оценке обычных по количеству запасов рудных месторождений, когда срок их эксплуатации не превышает 10–15 лет. Однако, как показывают произведенные расчеты, экономическая оценка месторождений резко занижается при сроке эксплуатации более 20–25 лет (Беневольский, Кривцов, 2000; Васильев, Камышченко, 2000), что имеет место, главным образом, при экономической оценке стратиформных рудных месторождений (Григоров, 2000).

Причиной занижения стоимостной, денежной оценки является заложенный во “Временной типовой методике...” принцип дисконтирования дифференциальной ренты как способа учета возможных непредвиденных изменений цен на материалы и услуги на рынке в период эксплуатации месторождения. Наши расчеты, выполненные на золоторудных месторождениях, как и расчеты других авторов (Хачатуров и др., 1989), показывают, что этот недостаток можно исправить, проведя дополнительные расчеты и сравнив их результаты между собой.

Нами в дополнение к определению экономической оценки месторождений полезных ископаемых по формуле, приведенной во “Временной типовой методике...”, предлагается еще два расчета. Первый рекомендуется производить по формуле, предложенной Н.Г. Фейтельманом (1985) и А.Я.Кацем с соавторами (1986), которые считают нецелесообразным применять дисконтирование дифференциальной ренты (прибыли) при определении экономической оценки месторождений:

$$I = \sum_{t=0}^T (Z_t - S_t) , \quad (6.2)$$

где I — интегральная экономическая оценка месторождения, рассчитанная без дисконтирования дифференциальной ренты.

Второй дополнительный расчет экономической оценки месторождений с целью корректировки уменьшения стоимости запасов в процессе дисконтирования прибыли (NPV) рекомендуется производить по формуле, предложенной А.С. Астаховым (1981), в которой предусматривается дисконтирование как расчетной дифференциальной ренты или чистой текущей стоимости, так и расчетной годовой добычи:

$$I_d = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(Z^t - S^t)}{(1+E)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{D_t}{(1+E)^t}} \cdot \sum_{t=0}^T D_t, \quad (6.3)$$

где I_d – интегральная экономическая оценка месторождения с дисконтированием и расчетной дифференциальной ренты, и расчетной годовой добычи конечной продукции; D_t – расчетная годовая добыча конечной продукции в t -м расчетном году.

Величину I – интегральную денежную оценку месторождения – С.А. Васильев и С.В. Камышенко (2000) рассматривают как верхний предел стоимостной оценки запасов месторождения, т.е. как накопленный денежный поток (cumulative cash flow, CCF). Верхний предел стоимостной оценки запасов, приемлемых для разработки, названные авторы определяют величиной от 40 до 60 USD за унцию золота.

Сравнение значений экономической оценки золоторудных месторождений, полученных по формулам (6.1), (6.2) и (6.3), позволяет найти наиболее объективное значение последней, так как в предлагаемом нами варианте получается три значения денежной экономической оценки месторождения:

- суммарная возможная прибыль за весь срок эксплуатации месторождения – дифференциальная рента, рассчитанная без дисконтирования или CCF (формула 6.2);
- возможная прибыль, рассчитанная с дисконтированием ее величины, дисконтированная дифференциальная рента или NPV (формула 6.1);
- денежная оценка, рассчитанная с дисконтированием и возможной прибыли (дифференциальной ренты), и расчетной годовой добычи (формула 6.3).

Расчеты стоимостной денежной оценки стратиформных золоторудных месторождений FMV через определение I_d или NPV резко занижают истинную цену месторождений (Беневольский, Кривцов, 2000), снижая ее величину в четыре-пять раз, поэтому мы предлагаем за основу брать верхний предел I или CCF, отдавая себе отчет, что эти величины не могут быть конкретной величиной стоимости права разработки месторождения.

В случае оценки конкретного инвестиционного горно-рудного проекта рекомендуется прибегать к расчетам денежных потоков NPV и CCF, особенно при реализации проектов на условиях Федерального закона “О СРП”, с выделением денежных потоков – затрат, прибыли, платежей за пользование недрами, инвестиций и налогов.

Подводя итог сказанному, отметим, что денежная оценка золоторудных месторождений должна базироваться на предварительно проведенной геолого-экономической оценке. Только в этом случае рассчитанная денежная оценка месторождения будет объективной.

Используя новый методический подход к геолого-экономической оценке золоторудных месторождений, основанный на принципах стратиформного рудообразования, нами предлагается интегральную экономическую оценку золоторудных место-

рождений производить с учетом степени разведанности месторождений, т.е. отдельно для запасов промышленных категорий и оцененных прогнозных ресурсов.

В случаях отсутствия ТЭО и ТЭД расчет экономической оценки рекомендуется производить по упрощенным формулам.

Для разведанных участков месторождений рекомендуется формула:

$$И = Z_{\text{в}} \times K_{\text{и}} \times (\Pi_0 - Z_{\text{г}}), \quad (6.4)$$

где И – интегральная экономическая оценка месторождения; $Z_{\text{в}}$ – балансовые запасы золота категории C_1 и C_2 , при этом $Z_{\text{в}}$ исчисляется по формуле: $Z_{\text{в}} = Z_{C_1} + 0,5 \times Z_{C_2}$, где Z_{C_1} – запасы категории C_1 , Z_{C_2} – запасы категории C_2 ; $K_{\text{и}}$ – общий коэффициент извлечения золота (из недр и руд); Π_0 – оптовая цена золота; $Z_{\text{г}}$ – приведенные затраты (себестоимость).

Для оценки прогнозных ресурсов флангов и глубоких частей месторождений рекомендуем использовать формулу:

$$И = P \times K_{\text{и}} \times (\Pi_0 - Z_{\text{п}}), \quad (6.5)$$

где P – прогнозные ресурсы золота, категории P_1 и P_2 .

Подводя итог рассмотрения экономической оценки золоторудных месторождений, отметим, что объективная геолого-экономическая и экономическая оценки золоторудных месторождений возможны только при учете факторов стратиформного рудообразования. В противном случае их геолого-экономическая и экономическая оценки резко занижаются, как это будет показано в главе 8.

Глава 8

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЗНАЧЕНИЕ СТРАТИФОРМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Недавно (в 1995 г.) наша страна отмечала 250-летие открытия золоторудных месторождений и начала золотодобычи в России.

Средняя добыча золота в Российской Федерации в последние годы составляет порядка 120–130 т в год. 70% добычи идет на продажу. От продажи золота страна получает около 1,1–1,2 млрд. дол., это 4-е место среди валютных поступлений в государственную казну после таких традиционных товаров экспорта страны, как нефть, газ и алмазы.

Увеличение валютной выручки определяется увеличением уровня добычи, а последняя определяется состоянием минерально-сырьевой базы (МСБ) и проводимой государственной политикой.

Роль рассматриваемых регионов Енисейского кряжа (Красноярский край) и Кузнецкого Алатау (Республика Хакасия) в общей добыче золота по стране видна из следующих таблиц (табл. 12, 13).

Экономические показатели добычи золота по рассматриваемым регионам Енисейскому кряжу и Кузнецкому Алатау в сравнении с лучшим, республикой Бурятия, приведены в табл. 14.

Крупнейшими производителями золота в России, по данным за 2001 г., являются: 1 – Магаданская область (30,5 т); 2 – Красноярский край (19,0 т); 3 – Республика Саха (16,6 т); 4 – Иркутская область (15,7 т); 5 – Хабаровский край (13,4 т); 6 – Амурская область (12,8 т); 7 – Республика Бурятия (7,7 т); 8 – Чукотский автономный округ (6,3 т); 9 – Свердловская область (5,9 т); 10 – Читинская область (5,4 т).

*Таблица 12. Сравнительные показатели добычи золота
по Енисейскому кряжу и Кузнецкому Алатау (т)*

Страна или регион	1994 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.
Россия	131,931	122,182	129,905	141,395
Красноярский край	7,188	7,047	17,845	19,024
Республика Хакасия	1,960	1,343	1,747	1,708

Таблица 13. Добыча золота по регионам России (т)

Регион	1994 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.
Дальний Восток	91,2	82,5	74,2	80,4
Восточная Сибирь	33,7	32,3	48,9	51,0
Урал	5,4	5,5	6,2	8,8
Западная Сибирь	1,4	1,7	1,3	1,2
Северный район	0,2	0,1	0,01	0,0

Таблица 14. Сравнительные экономические показатели добычи золота по Енисейскому кряжу и Кузнецкому Алатау (1995 г.)

Регион	Кредиторская задолженность, млн. руб.	Дебиторская задолженность, млн. руб.	Себестоимость 1 г. золота, руб.	Балансовая прибыль или убытки, млн. руб.
Красноярский край	43200	19500	51150–73561	21700
Республика Хакасия	20300	7220	63000–80600	-2908
Республика Бурятия	32421	33904	49650–80600	39717

Крупнейшим объектом рудной добычи золота в Восточной Сибири и в стране является Олимпиадинское месторождение Красноярского края, добыча золота на котором в 2001 году составила 15,6 т.

История золотодобычи Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау насчитывает более 150 лет. Это древнейшие золотоносные районы России. Особенно велика роль Енисейского кряжа, который в 70–90-х годах прошлого века давал 3/4 всего золота царской России. Свое значение Енисейский кряж сохранял и в советский период, оставаясь одним из основных районов рудной золотодобычи. Эту роль он продолжает играть и сейчас благодаря разработке Олимпиадинского месторождения. Добыча же золота на одном из крупнейших месторождений Енисейского кряжа – Советском – прекращена в 1999 г., как считается, по причине истощения сырьевой базы, что совершенно не отвечает действительности и о чем будет сказано ниже. Так же необходимо, на наш взгляд, временно прекратить разработку Саралинского месторождения Кузнецкого Алатау (Хакасия).

Роль Кузнецкого Алатау в добыче золота по сравнению с Енисейским кряжем более скромна. Если за весь период эксплуатации на Енисейском кряже добыто по нашей оценке порядка 750 т россыпного и 130 т рудного золота, то в Кузнецком Алатау соответственно 170 и 90 т.

В настоящее время на Енисейском кряже эксплуатируется два месторождения – Олимпиадинское и Эльдorado и готовится к разработке Васильевское месторождение; строится Васильевский рудник – первенец Южно-Енисейского района, правда, небольшой мощности (1,6 т золота в год).

В Кузнецком Алатау подземным способом сейчас разрабатывается только одно месторождение – Коммунарское. На другом ранее разрабатываемом месторождении – Саралинском – ведутся организационные работы.

Причина остановки большинства золотодобывающих предприятий в стране одна: экономический кризис. Но в рассматриваемых регионах к кризису добавляется и другая причина – полное игнорирование закономерностей геологического строения месторождений и, как результат, низкая эффективность работ вплоть до потерь рудных зон.

Задачу по месторождениям Енисейского края и Кузнецкого Алатау мы видим одну – исправить допущенные методические ошибки, прирастить запасы на действующих и действовавших рудниках на основе предлагаемых рекомендаций и тем самым значительно улучшить экономические показатели предприятий.

Наша задача – прирост запасов рудного золота на золотодобывающих предприятиях – совпадает с одним из основных приоритетов государственной политики на современном этапе – необходимостью развития минерально-сырьевой базы страны (Орлов, 1999).

Потенциальная ценность благородных металлов и алмазов в недрах России оценивается в 272 млрд. дол. (Путин, 1999). Доля минеральных ресурсов в экспорте России в страны дальнего зарубежья составляет 41%, а в страны СНГ еще больше – до 52%. В целях развития минерально-сырьевой базы страны президент полагает целесообразным создание федерального фонда резервных месторождений и вмешательство государства в долговременные проекты. Считаем, что и наши исследования могут быть востребованы в целях укрепления золоторудной сырьевой базы древнейших золотоносных провинций страны – Енисейского края и Кузнецкого Алатау.

Более 50% балансовых запасов и около 80% прогнозных ресурсов золота России сосредоточено в собственно золоторудных месторождениях, и хотя основная добыча золота сейчас производится из россыпей, в ближайшие годы роль коренных месторождений золота будет значительно возрастать (Беневольский, Иванов, 1999; Грицаев, 1996). Примером возрастания роли коренных месторождений могут служить значительный рост добычи золота на Олимпиадинском месторождении (более 17 т в 2001 г.), Многовершинном (4,7 т в 2001 г.), в Магаданской области, ввод в эксплуатацию месторождения Первенец в АО “Лензолото”, традиционно занимавшегося разработкой россыпных месторождений золота. А если начнется разработка Сухоложского месторождения, способного ежегодно давать до 30–40 т золота, соотношение россыпной и коренной золотодобычи в стране коренным образом изменится. При существующей годовой добыче золота порядка 130 т добыча даже 10–15 т весьма существенна.

Развитие коренной золотодобычи в стране сдерживается необходимостью больших первоначальных капиталовложений, составляющих для Красноярского края \$5–6 млн. на 1 т золота в южных районах и достигающих \$10–12 млн. в северных районах (Сердюк, 2000), а также неблагоприятным инвестиционным климатом, обусловленным спецификой российского законодательства о недрах, в частности, ограниченностью применения федерального закона о разделе продукции, и слабостью внутреннего финансового рынка. Но инвестиции могут появиться при условии устойчивой сырьевой базы, создаваемой за счет значительного удешевления геолого-поисковых и геологоразведочных работ (Григоров, 2000).

Именно на стратиформных месторождениях существуют возможности резкого снижения затрат на прирост 1 г золота, о чем неоднократно заявлял автор, указывая на снижение стоимости геологоразведочных работ в среднем на 30%, повышения эффективности геологопоисковых работ в два-три раза и повышения содержания золота в отбитой руде на 1–1,5 г/т за счет правильного оконтуривания промышленных запасов (Григоров, 1985; 1990).

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Енисейский кряж является крупнейшей золотоносной провинцией России и одной из крупных в мире: золотоносные породы протягиваются в длину более чем на 400 км при средней ширине 30–40 км! Однако, площадь развития золотоносных пород, составляющая около 12000 км², плохо изучена. Детальными исследованиями 30–40-летней давности охвачено было 10–20% территории. Если бы не было размаха старательских работ второй половины XIX – начала XX века, охвативших всю территорию кряжа, когда наряду с разработкой богатейших россыпей во многих участках добывали золото из кварцевых жил и даже пробовали его добывать из сланцев (прииск купца Рязанова, верховье р. Удерея), мы бы не имели истинного представления о его золотоносности. Почти все открытия многочисленных месторождений и проявлений относится к указанному периоду. Многие из найденных рудных объектов разрабатывались в течении 5–20 лет, а в последующем были предварительно разведаны или оценены, на многих были подсчитаны запасы по категории C_1 и C_2 в количествах от 1–5 до 15–25 т, но на большинстве из них в 70–80-е годы эти запасы были списаны как неактивные. В ряде случаев на отдельных известных объектах разведочные работы возобновлялись, в результате были получены такие крупные месторождения, как Олимпиадинское, Васильевское и Эльдорадо. На многих месторождениях эксплуатационные работы были прекращены без достаточных на то оснований: яркий пример – Советское месторождение: до 60-х годов дважды принималось решение закрыть рудник якобы из-за полной отработки запасов. Другой пример – месторождение Эльдорадо, где добычные работы прекратились в середине 50-х годов.

В пределах Енисейского кряжа в настоящее время известно большое количество рудных месторождений золота: Советское, Олимпиадинское, Васильевское, Удереysкое, Ведугинское, Эльдорадо, Полярная Звезда, Заявка № 14, Сергиевское, Огне-Потерьевское, Александро-Агеевское, Пролетарское, Ударное, Первенец, Панимбинское, Кварцевая гора, Аяхта, Герфед, Бабья гора – вот далеко неполный их перечень. Но все эти месторождения требуют доразведки и оценки с позиции стратиформного рудообразования.

В пределах Енисейского кряжа выделяется два золотоносных района: Северо-Енисейский и Южно-Енисейский.

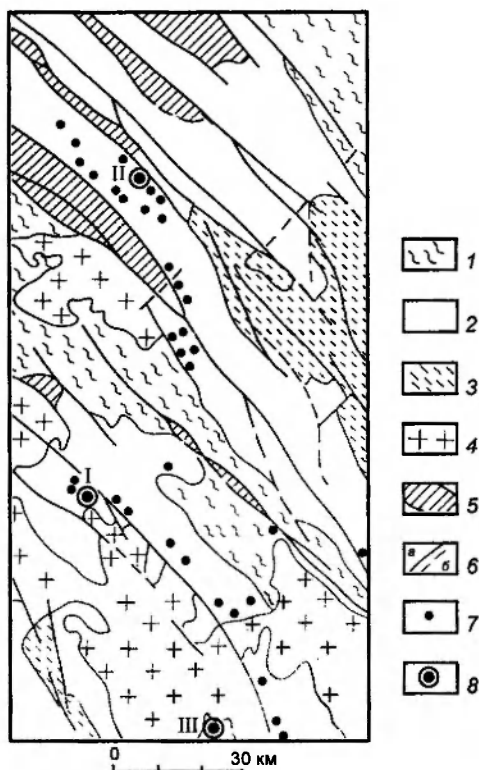
СЕВЕРО-ЕНИСЕЙСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

Северо-Енисейский золотоносный район (рис. 34) является самым крупным и представлен такими месторождениями как Олимпиадинское, Советское, Ведуга, Эльдорадо, Огне-Потеряевское, Полярная Звезда и другими. В пределах Северо-Енисейского золотоносного района выделяется три рудных узла: Советский – месторождения Советское, Огне-Потеряевское, Полярная Звезда и другие; Верхне-Енашиминский – месторождения Олимпиадинское, Тырадинское, Оленье и ряд проявлений, залегающих в одном продуктивном горизонте, прослеженном на 17 км; Эльдоратинский – месторождения Эльдорадо, Ударное, Первенец и др.

Намечается четвертый рудный узел – Ведугинский. В последние годы выявлено очень крупное месторождение Ведуга с четким литолого-стратиграфическим контролем положения рудных тел (Сазонов, 1998). Известный геолог – знаток золоторудных месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау Михаил Гордеевич Юшков еще в период окончания разведки Олимпиадинского месторождения заявил: “Ведуга – пять Олимпиад”.

Экономическую значимость Северо-Енисейского золотоносного района определяют Советское месторождение и прилегающие районы (Советский рудный узел), Олимпиадинское месторождение и сопутствующие ему объекты (Олимпиадинский

Рис. 34. Схема размещения золоторудных месторождений и рудопоявлений золота Северо-Енисейского золотоносного района Енисейского кряжа. По В.Г. Петрову (1974) с дополнениями
1 – тейская серия, средний протерозой; 2–3 – сухопитская серия, верхний протерозой (2 – нижняя и 3 – верхняя части разреза); 4 – гранитоиды позднпротерозойского возраста; 5 – красноцветные отложения нижнего кембрия; 6 – разрывные нарушения (а – прослеженные, б – предполагаемые); 7 – мелкие месторождения и рудопоявления золота; 8 – крупные месторождения (I – Олимпиадинское, II – Советское, III – Ведуга)



рудный узел) и месторождение Эльдorado и его и район (Эльдорадинский рудный узел).

Советский рудный узел

Перспективы расширения рудной сырьевой базы Советского рудного узла – Советского месторождения и его ближайшего района (с удалением не более 15 км) рассматриваются нами с позиции установленных стратиформных закономерностей оруденения (Григоров, 1985₆).

Перспективы расширения рудной сырьевой базы Советского месторождения оцениваются как следствие возможности прослеживания установленных продуктивных горизонтов, и прежде всего, основного рудного горизонта, на глубину, по простиранию и вкрест простирания складчатых структур (рис. 35).

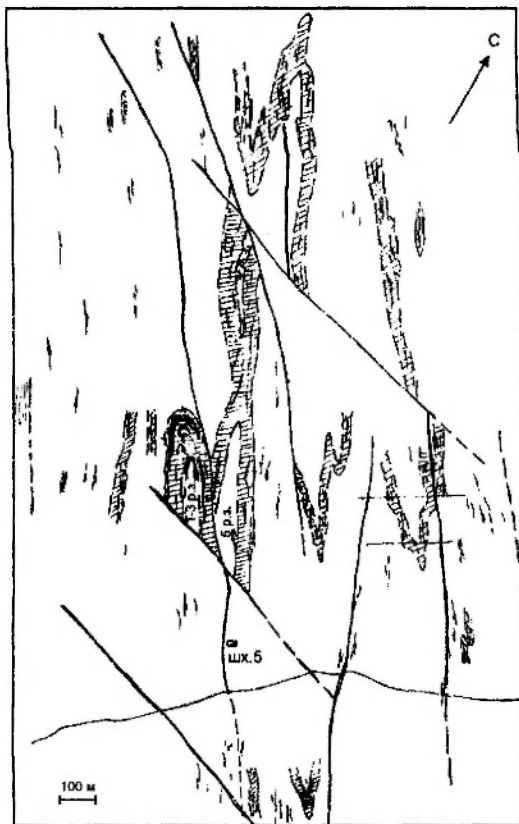


Рис. 35. Прогнозная карта положения продуктивных горизонтов и рудных полос (заштриховано) центральной части и северо-восточного фланга рудного поля Советского месторождения. Черное – кварцевые тела. Составлена с использованием данных В.А. Богдановича (1963 г.).

Перспективы района Советского месторождения определяются с учетом установленных в результате проведенных геолого-поисковых и геологоразведочных работ двух продуктивных золотоносных полос, развитых в районе месторождения (рис. 36) и подтвержденных большим объемом выполненных горных работ: канав, скважин, штолен и глубоких шурфов с рассечками. Однако, эта оценка пересматривается с позиции стратиформного оруденения, что значительно увеличивает прогнозную оценку за счет обнаружения выдержанных горизонтов (пачек продуктивных пород) золотого оруденения.

В восточной рудоносной полосе, кроме Советского месторождения, установлено Огне-Потеряевское месторождение и рудопроявление "Вторая жильная зона". В западной полосе находятся месторождения Полярная Звезда (среднее содержание в переработанной руде, добытой из штольни, составило 4 г/т), Сергиевское (частично разрабатывалось в конце прошлого века) и рудопроявления "Заявка № 14", "Доброе" (разведаны запасы) и "Толчейное" (разрабатывалось в начале века). Обе полосы перспективны на прирост промышленных запасов руд для открытой разработки.

Прогнозные ресурсы запасов рудного золота Советского месторождения и его района определены методом расчета через параметры продуктивного горизонта, установленного для Советского месторождения, его коэффициента рудоносности и среднего содержания с учетом 50 % возможных "потерь" вследствие прерывистости оруденения из-за ундуляции складок. Методом прямого расчета прогнозные ресурсы золота в пределах рудного поля Советского месторождения (собственно месторождения и его северного и южного флангов, около 8 км по простиранию, восточная рудная

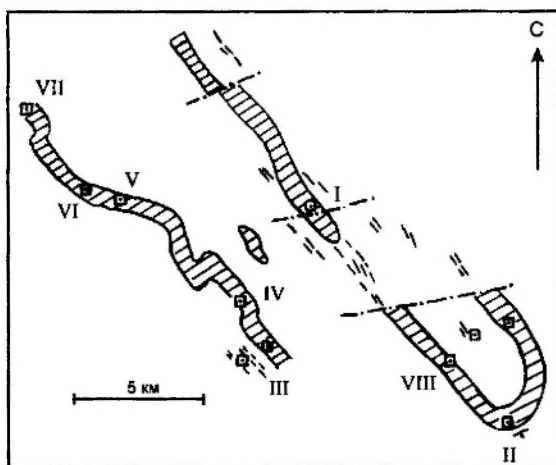


Рис. 36. Рудоносные (золотоносные) горизонты района Советского месторождения (заштриховано), план

Цифры – номера месторождений: I – Советское, II – Огне-Потеряевское, III – Заявка №14, IV – Полярная звезда, V – Толчейное, VI – Золотой Бугорок, VII – Доброе, VIII – Вторая жильная зона



Рис. 37. Структура месторождения Хоумстейк

а – по В. Эммонсу (1938) (блок-диаграмма; рудные тела – черное, продуктивный горизонт – формация Хоумстейк); *б* – по Дж. Ноблу (1950) (поперечный разрез): 1 – породы, перекрывающие продуктивную формацию; 2 – продуктивная формация Хоумстейк; 3 – породы, подстилающие продуктивную формацию; 4 – рудные тела)

полоса) нами оцениваются как втроекратные по величине по отношению к добытым и разведанным, т.е. сопоставимые с запасами таких месторождений как Олимпиадинское и Сухой Лог (Ленский район).

Для оценки прогнозных ресурсов золота Советского месторождения возможен и метод аналогии. Поразительно геолого-структурное сходство и сходство параметров рудного горизонта и содержаний золота в руде и во вмещающих породах Советского месторождения и месторождения Хоумстейк (США), о чем было сказано ранее (рис. 37 и табл. 15). На месторождении же Хоумстейк, по данным на начало 80-х годов, было добыто свыше 700 т золота.

Таблица 15. Сравнение геологических характеристик месторождений Хоумстейк и Советского

Месторождение	Хоумстейк	Советское
Состав и мощность продуктивного горизонта	Карбонат-кварцевые сланцы мощностью 60–90 м (формация Хоумстейк)	Пачка углеродистых филлитов мощностью 50–80 м
Морфология золото-кварцевых тел	Складчатые тела типа седловидных жил Бендиго	То же
Основной контроль оруденения	Литологический, складчатый, приуроченность рудных тел к замковым частям складок.	То же
Установленная и предполагаемая длина продуктивного горизонта	Около 12 км (с учетом складчатого строения)	Установленная длина – 8 км, предполагаемая – 17 км
Глубина оруденения (погружение рудного горизонта)	1900 м	1200 м (данные бурения)
Состав рудных тел	Малосульфидно-кварцевый; пирротин, пирит, арсенопирит – 7–8%	Малосульфидно-кварцевый; пирротин, пирит, арсенопирит – 5–6%
Среднее содержание золота в породах, г/т	0,2–0,4	0,4–0,6, до 1,1
Среднее содержание золота в кварце, г/т	10–12	11–15

Прогнозные ресурсы рудного золота района Советского месторождения в пределах двух установленных золотоносных полос нами оцениваются в количествах, достаточных, как минимум, для предприятия с удвоенной проектной производительностью существующей Советской ЗИФ и на период не менее 30 лет эксплуатации.

Общие прогнозные ресурсы Советского рудного узла в ценах, сложившихся на конец 2000 года (\$10/г), в пределах двух полос и на глубину до 100 м для объектов за пределами Советского месторождения оцениваются в \$11 млрд., в том числе по восточной полосе (Советское и Огне-Потеряевское месторождения) – в \$8 млрд. и по западной полосе (месторождения Полярная Звезда и Сергиевское) – в \$3 млрд.

Верхне-Енашиминский рудный узел

Экономическая оценка Верхне-Енашиминского рудного узла определяется перспективами расширения сырьевой базы **Олимпиадинского месторождения** и его спутников. Перспективы Олимпиадинского месторождения на сегодня устанавливаются с учетом разведки только четырех тел и недоразведанности нижних горизонтов рудного тела № 4. При этом общая перспектива прироста запасов официально определена с позиции гидротермальной теории рудообразования, при которой рудное тело №4 рассматривается как находящееся на пересечении двух разрывных нарушений, проведенных по крыльям Медвежинской антиклинали (Генкин и др., 1994). В соответствии со стратиформной структурой месторождения рудное тело №4 после резкой ундуляции оси Медвеженской антиклинали продолжается в восточном направлении, что установлено поставленными по нашей рекомендации буровыми работами (устное сообщение председателя ТКЗ по Красноярскому краю В.Н. Соловьева). Учитывая установленную длину седловидных рудных тел только в пределах участка между двумя смежными погружениями осей складок (длина шестой рудной зоны Советского месторождения составляет 700 м, длина пятой рудной зоны 600–650 м), можно утверждать, что рудное тело №4 продолжается в восточном направлении не менее чем на 600–700 м. Общие же перспективы Олимпиадинского месторождения, учитывая балансовые запасы, запасы, поставленные на учет, и вероятный прирост на погружении рудного тела № 4, по крайней мере, удваиваются.

Возможен и метод аналогии. Структура Олимпиадинского месторождения аналогична структуре известного уникального золоторудного месторождения Бразилии Морру-Велью, на котором рудные тела, приуроченные к усложненному замку погружающейся антиклинальной складки, отработаны по простиранию на глубину более 900 м (Парк, Мак-Дормит, 1966). Месторождение разрабатывается более 250 лет и дало более 330 т золота. До последних лет здесь продолжалась добыча в количестве 3–4 т золота ежегодно. Масштабы Олимпиадинского месторождения более значительны.

Запасы и прогнозные ресурсы Олимпиадинского рудного узла в денежном выражении оцениваются нами в \$7 млрд.

Эльдорадинский рудный узел

В пределах Эльдорадинского рудного узла устанавливается две группы месторождений, приуроченных к двум рудным полосам: **Александро-Агеевская группа** – месторождения Буян, Александро-Агеевское и Албанские жилы, и вторая – **Эльдорадинская группа** – месторождения Пролетарское, Ударное, Первенец, само месторождение Эльдorado и залегающие в соседнем тектоническом блоке месторождения Ольгинское и Вершинка (рис. 38). Большинство из них было открыто в 80-х годах IX века и разрабатывались в период 1913–1943 гг.

Месторождение Эльдorado разрабатывалось с 1886 по 1900 год, затем разведывалось в тридцатые годы, разрабатывалось с 1936 по 1954 год, повторно разведывалось в восьмидесятые годы и с 1999 г. эксплуатируется ООО “Соврудник”, хотя, с нашей точки зрения, оно недоразведано.

Особенностью месторождений Александро-Агеевской и Эльдорадинской групп является наличие на них секущих кварцевых жил, получивших название магистральных, которые и попадали в первую очередь под оценку и в отработку, а прожилково-жильному стратиформному оруденению должного внимания не уделялось, хотя,

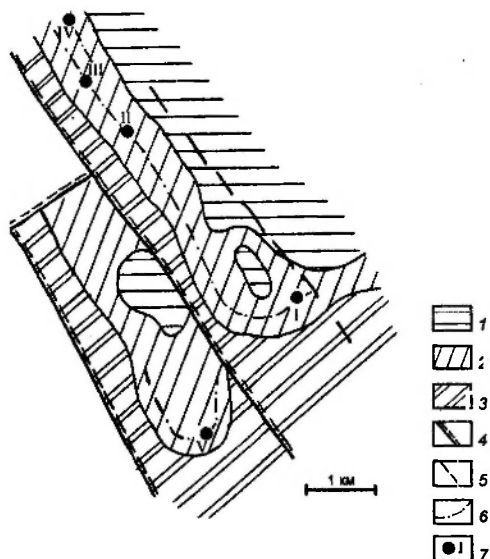


Рис. 38 Геологическая схема положения месторождений Эльдорадинской группы.

По В.Г.Петрову (1974), с дополнениями

1 – верхнеудерейская свита; 2 – нижнеудерейская свита; 3 – горбилоская свита; 4 – крупные разломы; 5 – жильная зона; 6 – положение предполагаемых продуктивных горизонтов; 7 – золоторудные месторождения: I – Эльдorado (разрабатываемое месторождение), II – Первенец, III – Ударное, IV – Пролетарское, V – Ольгинское

как видно из рис. 38, месторождения Ударное, Первенец, Эльдорадо (за исключением 4 рудной зоны, отличающейся трещинно-жильным типом оруденения) и Ольгинское приурочены к одному продуктивному горизонту, имеющему четкую стратиграфическую приуроченность к базальным горизонтам нижеудерейской свиты. Месторождения Александрo-Агеевской группы также залегают в пределах одного продуктивного горизонта.

Учитывая наблюдения на месторождении Эльдорадо, общие прогнозные ресурсы в ценах конца 2000 г. оцениваются нами в пределах Александрo-Агеевской группы в \$1 млрд. и в пределах Эльдорадинской группы – в \$2 млрд.

Мы полагаем, что, как только начнутся эксплуатационные работы и будет принята концепция стратиформного оруденения, свое знаменитое название месторождение Эльдорадо оправдает.

ЮЖНО-ЕНИСЕЙСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН

В пределах Южно-Енисейского золотоносного района расположены месторождения Васильевское, Удерейское, Верхне-Удерейское, Герфед, Бабыя Гора и другие, которые группируются в **Партизанский рудный узел**. Экономическая оценка Южно-Енисейского района определяется, главным образом, запасами золота, сосредоточенными на **Васильевском и Удерейском месторождениях**, много лет подготавливаемых к эксплуатации, и запасами и прогнозными ресурсами на ряде других месторождений, также расположенных в пределах Партизанского рудного узла. Васильевское и особенно Удерейское месторождения, которые долгие годы рассматривались как жильные, в последнее время большинством исследователей (Т.Н. Бровков, Г.П. Круглов, А.М. Сазонов, Л.В. Ли) относится к стратиформному типу.

Перспективы прироста запасов Южно-Енисейского золотоносного района покажем на примере двух месторождений Партизанского рудного узла – Герфед и Верхне-Удерейское. Они приурочены к одному продуктивному горизонту – подошве удерейской свиты, согласно залегающей на кординской (рис. 39, см. рис. 23). Мощность продуктивного горизонта, представленного кварц-хлоритовыми сланцами (метаэффузивами ?), составляет 20–30 м, его установленная протяженность – 8 км. В его пределах отмечаются как согласные тела – золотоносные кварциты, так и более широко развитые разноориентированные секущие золотоносные лестничные жилы, образующие на отдельных участках штокверки, представляющие промышленный интерес. месторождениями в Партизанском рудном узле также являются: Николаевское, Удерейское (три участка), Центрально-Удерейское, Ново-Удерейское и, видимо, Урал и Бабушкина Гора. Все они залегают в породах удерейской свиты. Их промышленная значимость, к сожалению, не установлена, т.к. они до конечной оценки не разведаны, но возможность прироста запасов в их пределах вне сомнения.

Учитывая проведенные геологоразведочные работы, общие запасы и прогнозные ресурсы рудного золота Партизанского рудного узла нами оцениваются в \$3 млрд., а всего Южно-Енисейского района в \$4 млрд..

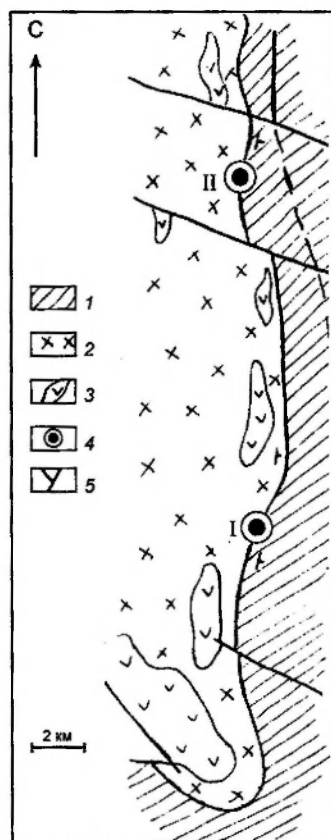


Рис. 39. Стратиграфическое положение стратиформных золоторудных месторождений Герфед и Верхне-Удерейского в базальном горизонте удерейской свиты
 1 – удерейская свита; 2 – кординская свита; 3 – силлы;
 4 – месторождения (1 – Герфед, 2 – Верхне-Удерейское);
 5 – разломы

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИРОСТА ЗАПАСОВ РУДНОГО ЗОЛОТА В КУЗНЕЦКОМ АЛАТАУ

Общие перспективы прироста промышленных запасов рудного золота Кузнецкого Алатау (районов месторождений золота Коммунар и Сарала) намного ниже, чем в Енисейском кряже, т.к. площадь выходов золотоносных пород здесь небольшая. Особенно это касается месторождения Коммунар и его района, где выходы золотоносных пород представляют собой по существу провесы кровли среди обширных выходов гранитоидов.

Более значительны возможности прироста запасов золотых руд на Саралинском месторождении и в его районе, где установлен рудоносный горизонт, залегающий в нескольких тектонических блоках. Кроме того, имеется возможность прироста промышленных запасов рудного золота в главстановской свите, в которой отмечены прослои карбонатных пород с содержанием золота 4–5 г/т (устное сообщение М.Г. Юшкова).

Общая стоимость запасов и прогнозных ресурсов рудного золота в пределах районов месторождений Коммунар и Сарала Кузнецкого Алатау оценивается нами в \$4 млрд, в т.ч. на Коммунаровском месторождении – в \$1 млрд и на Саралинском месторождении – в \$3 млрд.

ВЫВОДЫ

Как видно из изложенного, в Енисейском краже в пределах установленных площадей золотоносных пород возможен значительный прирост промышленных запасов рудного золота. Общая оценка запасов и прогнозных ресурсов составляет \$29 млрд. Это почти в 2,5 раза выше, чем оценка, приведенная С.С. Сердюком (2000). Причина столь значительного расхождения кроется в разных методических подходах к геолого-экономической оценке золоторудных месторождений Енисейского кража, которая производится с позиции магматогенно-гидротермальной теории рудообразования кварцевых жил с нечеткими рудолокализирующими структурами трещинной тектоники, или с позиции стратиформного рудообразования, с позиции наличия продуктивных горизонтов, занимающих четкое стратиграфическое положение, обусловленное накоплением золота на стадии седиментогенеза с последующим его перераспределением в период складчатости и регионального метаморфизма.

И хотя главная задача сейчас даже не столько в установлении величины самих промышленных запасов золота, сколько в возможности привлечения инвестиций, особенно для освоения новых золоторудных объектов, привлечение последних более вероятно при больших ожидаемых запасах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа посвящена вопросу расширения рудной сырьевой базы золотодобывающих предприятий Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау, возможность которого рассмотрена с позиции стратиформного рудообразования, что коренным образом меняет существующие представления на перспективы значительного прироста промышленных запасов рудного золота в пределах действующих или временно остановленных по экономическим причинам золотодобывающих предприятий.

С целью доказательства возможности значительного роста рудной сырьевой базы в работе рассмотрены вопросы особенностей геологического строения главных золоторудных месторождений, которые отнесены к двум разным группам. Выделены собственно стратиформные золоторудные месторождения – месторождения первой группы, и “полигенные и полихронные” месторождения – месторождения второй группы, сложные геологические объекты, представленные двумя разными типами оруденения: древним стратиформным и более молодым трещинно-жильным, магматогенно-гидротермально-термальным.

В пределах Енисейского кряжа преимущественно развиты собственно стратиформные месторождения. К ним относятся Советское, Олимпиадинское, Огне-Потерьевское, Эльдорадо и ряд других.

В работе показано, что Советское месторождение является стратиформным золоторудным месторождением золото-кварцевого типа. На месторождении почти все промышленные рудные тела залегают в пределах основного продуктивного горизонта черных углистых сланцев и филлитов мощностью 50–80 м, внешне ничем не отличающихся от других, слагающих многосотметровую толщу.

Основными геолого-структурными чертами Советского месторождения являются синрудная складчатая структура и пострудные разрывные нарушения, обусловившие его складчато-блоковое строение. Выделенный на месторождении продуктивный горизонт подразделяется на отдельных участках на две-три продуктивные (рудные) пачки мощностью до 15 м, разделенные безрудными пачками такой же мощности. Условия залегания продуктивного горизонта определяются складками первого порядка с размахом крыльев 200–300 м. Морфология и условия залегания рудных тел подчинены складчатости вмещающих пород. Основная форма рудных тел складчатая, согласная и подчиненно согласно-секущая. Наиболее крупные промышленные тела залегают в замках и в призамковых частях складок второго порядка с разма-

хом крыльев 10–30 м. Залегание отдельных рудных тел нередко ярусное. Рудные тела характеризуются сложным складчатым и подчиненно складчато-блоковым (микроблоковым) строением. Рудные столбы приурочены к замкам складок второго порядка, осложняющих складки первого порядка.

Структурными аналогами Советского месторождения являются многие крупные месторождения золота мира, такие, как Поркьюпайн, Йелоунайф (Канада), Бендиго (Австралия), но наиболее близким по структуре, параметрам рудного горизонта, содержанию золота в кварце и во вмещающих породах является месторождение Хоумстейк (США).

Олимпиадинское месторождение по результатам исследований автора отнесено к стратиформным золоторудным месторождениям золото-сульфидного вкрапленного типа, залегающего в кремнисто-карбонатных породах докембрия. Структурным аналогом Олимпиадинского месторождения является месторождение Морру-Вельхо, Бразилия. На месторождении четко проявлен литолого-стратиграфический и складчатый контроль оруденения, аналогичный Советскому месторождению. Все четыре рудные тела месторождения залегают в пределах продуктивного горизонта в замках складок разного порядка. Размер складчатых структур определяет масштабность рудных тел. Первое, второе и третье рудные тела залегают в замках складок, осложняющих Медвежинскую антиклиналь. Четвертое, самое крупное рудное тело, на которое приходится более 80% запасов, залегает в замке самой Медвежинской антиклинали. Известные разрывные нарушения являются пострудными. Внутреннее строение четвертого рудного тела складчатое, линзовидно-полосчатое, обусловленное чередованием богатых и бедных рудных слоев.

На сформированное стратиформное оруденение Олимпиадинского месторождения определенное влияние оказало наложенное термально-метасоматическое воздействие гнейсо-гранитов Чиримбинского массива, близких по возрасту к оруденению, но сколько-нибудь значительных переотложений рудного вещества, вызвавшего образование секущих трещинных золоторудных тел промышленного значения, не установлено.

Аналогичное строение имеют и месторождения Эльдorado и Огне-Потеряевское, приуроченные к горизонтам черных углистых сланцев.

Ко второй группе месторождений отнесены месторождения Кузнецкого Алатау – месторождения Коммунар и Саралинское.

Коммунарское золоторудное месторождение характеризуется сочетанием рудных тел двух возрастов и трех морфологических типов оруденения: оруденения стратиформного типа докембрийского возраста и двух более молодых морфологических типов оруденения палеозойского возраста – гидротермального (магматогенно-гидротермального) золотокварцевого трещинно-жильного, и скарнового. Самое продуктивное оруденение – оруденение стратиформного типа – представлено золотокварцевым прожилковым штокверковым и подчиненно золото-сульфидно-вкрапленным типами в вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных отложениях. Штокверковые тела развиты в замковых частях складчатых структур (“месторождения” Масловское I и II, Апрельское, Подлунный голец) и в дайках метаэффузивов на ряду

с “лестничными жилами”, на участках их изгибов (Масловская дайка, Апрельская дайка, Северная зона, отдельные тела “месторождения” Подлунного гольца).

Более молодое промышленное оруденение на Коммунарском месторождении представлено гидротермальными жилами (жилы Январская, Четвертая, Пятая и др.) и зонами скарнов (“месторождение” Калиостровское). Их образование связывается со становлением полеозойских гранитоидов (Солгонский массив), внедрившихся после проявления этапа глыбовой тектоники. Стратиформные рудные тела Коммунарского месторождения – штокверки в породах и силлах и межпластовые жилы – расположены в пределах базального горизонта полуденной свиты – 200–300-метровой пачке пород, представленных углистыми сланцами, известняками, кислыми и средними эффузивами и их туфами.

Другое рассмотренное месторождение Кузнецкого Алатау – Саралинское – также относится к типу полигенных и полихронных. В его пределах стратиформные рудные тела – залежи, выделяемые на месторождении как “жилы” Андреевская, Каскадная, Встречная, Фабричная и ряд других, приурочены к маломощному (около 10 м) горизонту черных углеродистых сланцев с прослоями основных эффузивов. Названные рудные тела отнесены нами к Андреевско-Каскадному типу “жил”. Их возраст позднепротерозойский. Выделенный продуктивный горизонт имеет четкий стратиграфический уровень: он расположен в 120 м выше подошвы среднесаралинской свиты и слагает синклинальную складку, названную нами Саралинской. Складка запрокинута к югу и “разбита” разрывными нарушениями на несколько тектонических блоков. Позднее в период становления Осиновского и Каскадного штоков и Араратского массива на Саралинском месторождении сформировались многочисленные секущие золото-кварцевые жилы (Трансвальская, Братская, Сороковая, Лавинная, Обручева и др.), морфологически и минералогически резко отличные от названных стратиформных тел.

Возраст этих жил палеозойский. Их распределение в пространстве определяется наличием тектонических трещин и разрывных нарушений, смещающих стратиформные рудные залежи.

Промышленную значимость обоих месторождений Кузнецкого Алатау – и Коммунарского и Саралинского – имеют стратиформные рудные тела, которые дали более 75% добытого золота за все годы эксплуатации.

При обсуждении генезиса стратиформных золоторудных месторождений подчеркивается роль осадконакопления, а также акцентируется внимание на сингенетических процессах метаморфизма и складчатости, приводящих к созданию его промышленных концентраций – образованию рудных тел.

В работе приводятся типоморфные морфологические черты стратиформных золоторудных месторождений, а также даются их поисковые критерии, отличные от магматогенно-гидротермальных месторождений.

Разработанные методики геолого-поисковых и геологоразведочных работ, основанные на установленных закономерностях распределения золотого оруденения с учетом критериев стратиформного рудообразования, позволяют более эффективно произвести доразведку флангов и глубоких горизонтов разрабатываемых, а также ранее

выявленных месторождений и проявлений золота на принципиально новой методической основе, и объективно оценить их возможные запасы и прогнозные ресурсы.

Намечены основные направления доразведки эксплуатируемых (и разведанных, но не находящихся в эксплуатации) месторождений Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау.

Установленные закономерности пространственного размещения промышленных золотоносных рудных тел могут явиться основой значительного укрепления рудной сырьевой базы действующих предприятий названных регионов.

С целью геолого-экономической оценки золоторудных площадей в пределах известных месторождений предложены новые методики геолого-экономической и экономической оценки стратиформных золоторудных месторождений. В основу предложенной оценки запасов золоторудных месторождений положен принцип расчета запасов золота, определяемый через параметры рудного горизонта: его рудоносности (кварценосности) и содержания золота в руде или в кварце.

В пределах Енисейского кряжа общая стоимость возможных запасов рудного золота в ценах, сложившихся на конец 2000 г., оценивается нами в \$29 млрд., в том числе: по Северо-Енисейскому золотоносному району \$25 млрд (Советский рудный узел – \$11 млрд; Верхне-Енашиминский рудный узел – \$7 млрд; Эльдорадинский рудный узел – \$3 млрд.) и по Южно-Енисейскому золотоносному району \$4 млрд. (в том числе по Партизанскому рудному узлу – \$3 млрд.).

Общая оценка возможности прироста запасов рудного золота в Кузнецком Алатау намного меньше и составляет \$4 млрд., в том числе на Коммунарском месторождении – \$1 млрд. и на Саралинском месторождении – \$3 млрд..

Особый интерес по результатам проведенных исследований вызывает Енисейский кряж как крупнейшая золотоносная провинция мира. В его пределах золотоносные породы в виде полосы шириной 30–40 км протягиваются на 400 км! Отдельные золотоносные горизонты с установленным промышленным оруденением, выходящие на поверхность, прослежены горными выработками на 5–8 км, а с учетом геологических наблюдений свалов кварца и отдельных канав – на 15–17 км. Именно в пределах этих горизонтов и залегают известные золоторудные месторождения, такие как Советское, Олимпиадинское, Эльдорадо, Васильевское, Удереysкое и ряд других ранее разрабатываемых и в настоящее время забытых месторождений – Сергиевское, Первенец, Пролетарское, Аяхта и другие.

ЛИТЕРАТУРА

- Акульшина Е.П. Глинистое вещество и осадочный рудогенез. Новосибирск: Наука, 1985. 244 с.
- Акульшина Е.П., Сараев С.В., Писарев Г.М. Сравнительная характеристика условий образования черносланцевых толщ Енисейского кряжа и Центральных Кызылкумов по геохимическим данным // Литология и осадочная геология докембрия. Алма-Ата: Наука, 1981. С.95–96.
- Альбов М.Н. О формах миграции золота в зонах окисления рудных месторождений // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. №4.
- Альбов М.Н. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 215 с.
- Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1975. 232 с.
- Архангельская В.В., Вольфсон Ф.И. Геотектонические позиции и систематика стратиформных свинцово-цинковых месторождений. М.: Наука, 1977. 274 с.
- Асаналиев У.А. Современное состояние и задачи изучения стратиформных месторождений // Происхождение стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов. Фрунзе: Фр. политехн. ин-т, 1982. С.5–28.
- Асаналиев У.А. Закономерности размещения стратиформных месторождений Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1984.
- Асаналиев У.А. Стратиформные месторождения цветных, редких и благородных металлов, условия их образования и закономерности размещения // Проблемы стратиформных месторождений (Тезисы Межрегион. кофер. по стратиформн. м-ниям). Ч.1. Чита, 1990. С.7–10.
- Асаналиев У.А., Попов В.В., Турдукеев И.Д. Месторождения цветных и редких металлов в карбонатных формациях. М.: Недра, 1988. 216 с.
- Астахов А.С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. М.: Недра, 1981.
- Атлас морфоструктур рудных полей (железо, полиметаллы, медь, золото и олово). Л.: Недра, 1973. С.125–126, 148–149.
- Бадалов С.Т. К вопросу о генезисе эндогенного оруденения Карамазара // Новые данные по геологии, минералогии и геохимии рудных районов Узбекистана. Ташкент: Фан, 1970. С.118–126.
- Бадалов С.Т., Лощинина Л.Н. Роль органического вещества в накоплении золота в черносланцевых породах Западного Узбекистана // Всесоюз. совещ. по геохимии углерода. М., 1986. С.157–159.
- Баженов В.И. Геология и минералогия золоторудных жил Саралинского рудного поля // Автореф. канд. дисс. Томск, 1961.

- Баженов В.И., Шубин Г.В.* Некоторые итоги изучения структур рудных полей золоторудных месторождений Западной Сибири и Забайкалья // Геология золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск: Наука, 1970. С.42–47.
- Белевцев Я.Н.* Метаморфогенные месторождения // Генезис эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1968. С.648–713.
- Белевцев Я.Н.* Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1979. 276 с.
- Белевцев Я.Н.* Современное состояние теории метаморфогенного рудообразования и ее проблем // Метаморфогенное рудообразование низкотемпературных фаций и ультраметаморфизма. М.: Наука, 1981. С.5–19.
- Белоусов В.В.* Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеолтехиздат, 1962.
- Белькова Л.Н., Огнев В.Н.* Углеродистые отложения докембрия и нижнего палеозоя Средней Азии и их рудоносность // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып.7. Кн.1. М.: Наука, 1981. С.114–119.
- Бендик А.Т.* Геолого-генетические особенности золотого оруденения Мурунтауского рудного района // Автореф. канд. дисс. Ташкент, 1970. 30 с.
- Бендик А.Т., Нестерова А.П., Сибиряков Е.А.* О тонкодисперсном золоте в рудах месторождения Мурунтау // Вопросы геологии золота Узбекистана. Ташкент, 1975. С.33–37.
- Беневольский Б.И., Иванов В.Н.* Минерально-сырьевая база золота России на рубеже XXI в. // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. 1999. № 1. С.9–16.
- Беневольский Б.И., Кривцов А.И.* Опыт оценки рыночной стоимости российской горной компании // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. 2000. №3. С.43–45.
- Бетехтин А.Г.* Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: Госгеолтехиздат, 1955. С.125–279.
- Бернштейн П.С.* Условия локализации различных типов золоторудных месторождений Енисейского края // Тр. ЦНИГРИ. 1962. Вып.43. С.47–55.
- Бернштейн П.С., Петровская Н.В.* Золоторудное месторождение Советское (Енисейский край) // Тр. Нигризолото. 1954. 144 с.
- Биллингс М.П.* Структурная геология. М.: ИЛ, 1949.
- Билибин Ю.А.* О роли батолитов в золотом оруденении в СССР // ДАН СССР. 1945. Т.50., *Билибин Ю.А.* О некоторых чертах металлогении золота // Зап. ВМО. 1947. Ч.76. Вып.1.
- Богданов Ю.В.* Характерные черты метаморфизма стратиформных месторождений докембрия // Разведка и охрана недр. 2001. № 1. С.26–27.
- Богданович В.А.* О структурном контроле золотого оруденения Советского месторождения // Геол. и геофиз. 1964. №12. С.72–81.
- Богданович В.А.* Некоторые данные о температурных условиях и глубине формирования Советского золоторудного месторождения // Учен. зап. Томского ун-а. 1967. № 63. С.3–16.
- Бородаевский Н.И., Бернштейн П.С.* О структурах золоторудных месторождений // Тр. ЦНИГРИ. 1967. Вып. 76. С.72–77.
- Брадинская Е.М.* Органогенные структуры золотосодержащих руд некоторых месторождений Центрального Алдана // ДАН СССР. 1982. Т.267. №3. С.690–693.
- Бровков Г.Н., Ли Л.В., Круглов Г.П.* Литолого-стратиграфический контроль размещения рудных месторождений в докембрийских толщах Енисейского края // Рудоносные

- формации докембрия и палеозоя западного складчатого обрамления Сибирской платформы // Сб. науч. Трудов СНИИГиМС. Новосибирск, 1986. С.4–12.
- Булытников А.Я. О малых интрузиях и связанной с ними золотоносности // Матер. по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Зап. Сибири. Томск: Изд. ТГУ, 1962.
- Булытников А.Я., Сергеев В.Н. Некоторые черты золотооруденения Коммунарковского рудного поля и магнетиты Калиостровского месторождения // Тр. Томского ун-та. 1963. Т.164. С.96–104.
- Булытников В.А., Зубков Ю.Д., Рабинович К.Р. Опыт объемного изучения рудных полей Сибири // Вопросы геологии, методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Тр. СНИИГГИМС. 1967. Вып. 44. С.142–157.
- Буряк В.А. Закономерности размещения и генезис золотого оруденения Байкало-Патомского нагорья. Автореф. докт. дисс. Иркутск, 1973.
- Буряк В.А. Метаморфогенно-гидротермальный тип промышленного золотого оруденения. Новосибирск: Наука, 1975. 47 с.
- Буряк В.А. Роль вулканогенно-осадочного и гидротермально-осадочного минералообразования в формировании золотого оруденения черносланцевых (углистых) толщ // ДАН СССР. 1976. Т.226. №4. С.907–910.
- Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М.: Наука, 1982. 256 с.
- Буряк В.А. Условия образования метаморфогенных гидротермальных месторождений // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985. С.14–22.
- Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Особенности рудообразования в black shale's на примере месторождений золота // Отечественная геология. 2000. Спецвыпуск. С.11.
- Буряк В.А., Григоров В.Т. Метаморфогенные рудогенерирующие гидротермальные системы (на примере месторождений золота) // Генезис рудных месторождений: Тезисы докл. VI симпозиума МАГРМ. Тбилиси, 1982. С.108–109.
- Буряк В.А., Летников Ф.А. О роли процессов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма в развитии золотого оруденения // Изв. Томского политех. ин-та. 1968. Т.134. С.19–24.
- Буряк В.А., Неменман И.С., Парада С.Г. Метаморфизм и оруденение углеродистых толщ Приамурья. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 116 с.
- Васильев Б.Д. Золотое оруденение в областях завершенной складчатости и тектоно-магматической активизации // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Иркутск: ИрГТУ, 1997. С.7–15.
- Васильев С.А., Камышенко С.В. Стоимостная оценка месторождений золота // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. №1. С.39–43.
- Вернадский В.И. О рассеянии химических элементов. Избр. соч.. Т.1. 1927.
- Вилор Н.В. К проблеме золотоносности черных сланцев // Геохимия. 1983. №4. С.623–634.
- Вилор Н.В. Флюидные системы зональных метаморфических комплексов и проблема их золотоносности. Новосибирск: СО РАН, филиал "Гео", 2000. 143 с.
- Вилор Н.В., Прокопчук С.И., Суворова Л.Ф. и др. Рассеянный тип золотоносных рыхлых пород Прибайкалья // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Иркутск: ИрГТУ, 1997. С.33–45.

- Волобуев М.И. Геохронология и геология гранитоидов Енисейского кряжа // Автореф. канд. дисс. М., МГУ, 1967. 46 с.
- Волобуев М.И., Ступникова Н.И., Зыков С.И. Енисейский кряж // Геохронология СССР. Л.: Недра, 1973. Т.1. С.189–202.
- Волобуев М.И., Зыков С.И., Ступникова Н.И. Определение абсолютного возраста рудных месторождений и молодых магматических пород. М.: Наука, 1976. С.39–47.
- Волобуев М.И., Зыков С.И., Ступникова Н.И., Воробьев И.В. Свинцово–изотопная геохронология докембрийских комплексов юго–западного обрамления Сибирской платформы // Геохронология Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1980. С.14–30.
- Волков А.В. Золоторудные месторождения Центральной Чукотки (Россия) // Геология рудных месторождений. 1995. Т.37. № 6. С.487–499.
- Вольфсон Ф.И., Архангельская В.В. Стратиформные месторождения цветных металлов. М.: Недра, 1987. 255 с.
- Вольфсон Ф.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1975. 271 с.
- Временная типовая методика определения экономической оценки месторождений полезных ископаемых. –М.: Госкомцен СССР, 1980.
- Гапон А.Е. О первично–осадочных концентрациях золота в породах догалдынской свиты (Ленский золотоносный район) // Зап. Забайкальского фил. геогр. о–ва СССР. 1971. Вып.53. С.22–23.
- Гавриленко В.В. Роль метаморфизма в концентрировании золота // Геохимические критерии перспектив рудоносности метаморфических комплексов докембрия. Апатиты, 1978. С.80–92.
- Гарьковец В.Г. Об условиях образования сингенетично–эпигенетических месторождений углеродной рудной формации // Углеродистые отложения докембрия и нижнего палеозоя и их рудоносность. Фрунзе: Илим, 1978. С.28–29.
- Гарьковец В.Г. О закономерностях сингенетично–эпигенетического (литогенетического) рудообразования // ДАН СССР. 1982. Т.266. № 4. С.940–943.
- Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А. и др. Золотые руды месторождения Олимпиада (Енисейский кряж, Сибирь) // ГРМ. 1994. № 2. С.111–136.
- Геология и металлогения Енисейского рудного пояса // Отв. ред. Г.Н.Бровков, Л.В.Ли, М.Л.Шерман. Красноярск, 1985. 291 с.
- Глюк Д.С. Экспериментальные исследования водно–силикатных систем с золотом. Новосибирск: Наука, 1994. 120 с.
- Горностаев Н.Н. Золоторудное месторождение Советского рудника в Северо–Енисейской тайге // Тр. треста золоторазведка и НИГРИЗолото. 1936. Вып.3.
- Гофман Э. О золотоносных промыслах Восточной Сибири. //Горный журнал. 1844. Кн.ХI. С.196–277; Кн. ХII. С.347–420.
- Григорьев В.Т. Факторы контроля и условия локализации золотого оруденения северной части Енисейского кряжа, как показатели его возможного метаморфогенного генезиса (на примере Советского месторождения) // Металлогения докембрия. Л., 1975.
- Григорьев В.Т. Основные черты геологии мезозойского вулканизма Центральной зоны Восточной Монголии в связи с особенностями ее тектонического развития // Автореф. канд. дис.. 1982. 17 с.

- Григоров В.Т. О связи гнейсовых куполов и золоторудной минерализации в углеродистых отложениях докембрия Енисейского кряжа // Гранито-гнейсовые купола: Всесоюзное совещание. Иркутск, 1983. С.187.
- Григоров В.Т. Геолого-генетическая модель стратиформного золотого оруденения в углеродистых отложениях докембрия // I Всесоюз. конфер. по проблеме: "Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов" (тез. докл.). 1985. Ч. II. С.231–233.
- Григоров В.Т. Возможности укрепления сырьевой базы действующих золотодобывающих предприятий ВПО «Союззолото» на основе внедрения новых представлений геологической науки о стратиформном рудообразовании // Всесоюз. конфер. по проблеме: "Основные направления и меры по ускорению научно-технического прогресса в золото- и алмазодобывающей промышленности до 2000 г.". Ч I. 1985. С.29–30.
- Григоров В.Т. Возможности укрепления сырьевой базы золотодобывающих предприятий Сибири на основе внедрения в практику геологоразведочных работ при доразведке месторождений представлений о стратиформном контроле оруденения // Горнодобывающие комплексы Сибири и их минерально-сырьевая база. Ч.2. Новосибирск, 1990. С.76.
- Григоров В.Т. Экономика природопользования. Основы платного природопользования и экономической оценки природных ресурсов. Учеб. пособие. Иркутск: Изд. Иркутской эконо. академии, 1995. 101 с.
- Григоров В.Т. Геолого-экономическая оценка золоторудных месторождений на новой методической основе как одна из альтернатив привлечения инвестиций в развитие золотодобывающей промышленности Восточной Сибири // Проблемы стабилизации социально-экономического развития Восточной Сибири : Вестн. Ин-та эконо. 2000. № 2. С.4–7.
- Григоров В.В., Григоров В.Т. К вопросу экономической оценки стратиформных рудных месторождений // Вестн. Иркутской гос. эконо. академии. 1997. № 11. С.70–74.
- Григоров В.Т., Кривоборский В.В. Факторы контроля и условия локализации золотого стратиформного оруденения енисейского кряжа // I Всесоюз. конфер. по проблеме: "Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов" (тез. докл.). 1985. Ч. II. С.260–262.
- Григоров В.Т., Филонюк В.А. Критерии метаморфогенного золотого оруденения северной части Енисейского кряжа // Проблема метаморфогенного рудообразования. Киев: Наукова Думка, 1974. С.31–32.
- Григоров В.Т., Филонюк В.А. Морфоструктурные особенности золотого оруденения Енисейского кряжа // Геология и полезные ископаемые юга Восточной Сибири. Иркутск, 1974. С.348–350.
- Григоров В.Т., Филонюк В.А. Роль складчатости в формировании кварцевых тел Советского месторождения // ДАН СССР. 1976. Т. 227. № 6.
- Григоров В.Т., Фомин Д.П. Тектоническая позиция стратиформного золотого оруденения краевого шва южной части Сибирской платформы // Условия образования, методы изучения и прогноза стратиформных месторождений редких и благородных металлов. Фрунзе, 1983. С.41–47.
- Григоров В.Т., Филонюк В.А., Кривоборский В.В., Скушников В.Л. Новые данные о структуре Советского золоторудного месторождения (Енисейский кряж) // Тр. Иргиредмта. 1976. Вып. 28. С.3–11.

- Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке гидротермальных месторождений // Сов. геология. 1973. № 1. С.15–33.
- Грицаев В.П. Основные направления развития золотодобывающей промышленности России // Минеральные ресурсы. Экономика и управление. 1996. № 3. С.8–11.
- Добрецов Н.Л. О критериях выделения и принципах классификации метаморфогенных месторождений // Геол. и геофиз. 1974. № 8. С.43–59.
- Домарев В.С. О метаморфогенном рудообразовании // Сов. геология. 1967. № 4. С.6–17.
- Домарев В.С. Формации рудных месторождений в истории земной коры. Л.: Недра, 1984. 168 с.
- Ермолаев И.П., Коленцев В.В., Салазкин А.И. Перераспределение вещества при формировании стратиформного оруденения в метаморфических сланцах // ГРМ. 1981. № 2. С.86–96.
- Звягин Е.А., Сазонов А.М. Роль метаморфизма в формировании прожилково-вкрапленного золотого оруденения в терригенно–карбонатных породах // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Межвузовский сборник. 1997. Вып. 21. С.63–76.
- Злобин В.А., Куликов А.А., Зозуленко Л.Б., Цимбалист В.Г. Источники рудных элементов в месторождениях заангарской части Енисейского кряжа // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. Новосибирск: Наука, 1976. С.71–82.
- Злобин В.А., Куликов А.А., Зозуленко Л.Б. Условия формирования золоторудной минерализации в терригенных толщах // Природа растворов и источники рудообразующих веществ эндогенных месторождений. Новосибирск: Наука, 1979. С.117–139.
- Зозуленко Л.Б., Злобин В.А. Температура, давление и состав растворов в докембрийских породах Енисейского кряжа по газовойжидким включениям в жильных кварцах // Геология и геофизика. 1974. № 3.
- Ильенок С.С. Древнейший габбро–диоритовый комплекс Восточной части Кузнецкого Алатау // Магматические формации Алтае–Саянской складчатой области. М.: Наука, 1965. С.24–44.
- Ильенок С.С. Генетические связи оруденения с интрузиями // Геология золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск: Наука, 1970. С.3–30.
- Инструкция по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям. М., 1983.
- Калинников Д.И. Золоторудные месторождения группы Коммунар // Геология главных золоторудных месторождений. 1952. Т. V.
- Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Наука, 1977. 327 с.
- Каждан А.Б., Кобахидзе Л.П. Геолого–экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. 205 с.
- Кац А.Я., Денисов М.Н., Регентов С.Н. Геолого–экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Методические рекомендации. М., 1986.
- Какюкин Ю.А., Пузанов А.А. Минералого–геохимические особенности пространственной локализации оруденения на Советском месторождении (Енисейский кряж) // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Красноярского края и Тувинской АССР. Красноярск, 1980.
- Коваль В.Б., Самсонов В.А. Физико–химические условия метаморфогенного рудообразования // ГРМ. 1994. № 1. С.42–47.

- Коновалов И.В. Температурная зональность и условия образования золоторудных минеральных ассоциаций // *Метаморфогенное рудообразование*. М.: Наука, 1977. С.164–173.
- Коновалов И.В. Условия образования золоторудной метаморфогенно–гидротермальной минерализации (Восточная Сибирь). Новосибирск: Наука, 1985. 97 с.
- Константинов М.М. Зарубежные стратиформные месторождения золота и серебра // М.: ВИЭМС, 1986. 43 с.
- Константинов М.М. Стратиформные месторождения золота // *Отечественная геология*. 2000. Спецвыпуск. С.33.
- Корнев Т.Я. Эволюция магматизма и оруденения во времени. М.: Недра, 1986. 128 с.
- Коробейников А.Ф. Основные черты трещинной тектоники Коммунарковского золоторудного поля // *Геол. и геофиз.* 1964. № 11. С.111–123.
- Коробейников А.Ф. Условия локализации золотого оруденения в контактово–метасоматических и гидротермальных образованиях Коммунарковского рудного поля (Хакасия) // *Геология золоторудных месторождений Сибири*. Новосибирск: Наука, 1970. С.65–74.
- Коробейников А.Ф. Критерии связи золотого оруденения с магматизмом и метасоматизмом в Алтае–Саянской складчатой области // *Критерии прогнозной оценки эндогенного оруденения Алтае–Саянской области*. Новосибирск: Наука, 1982. С.89–93.
- Коробейников А.Ф. Рудно–метасоматическая зональность на месторождениях золота // *ГРМ*. 1983. № 1. С.96–99.
- Коробейников А.Ф. Признаки глубинных флюидов в рудоносных гранитоидных системах орогенных структур // *Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений*. Новосибирск: Наука, 1985. С.99–106.
- Коробейников А.Ф. Условия концентрации золота в палеозойских орогенах. Новосибирск: Наука, 1987. 176 с.
- Коробушкина Е.Д., Коробушкин И.М. Взаимодействие золота с бактериями и образование “нового” золота // *Докл. АН СССР*. 1986. Т. 287. № 4. С.978–981.
- Коткин В.В. Геохимические особенности распределения золота в породах Ленского золотоносного района // *Зап. Забайкальского фил. геогр. о–ва СССР*. 1973. Вып.87. С.80–92.
- Коткин В.В., Титкова И.В. Методические рекомендации по применению термографического метода при поисках месторождений золота в черных сланцах. Иркутск: ВостСибНИИГГИМС, 1982. 34 с.
- Кучин Е.С. Об основных вопросах эндогенного рудообразования // *Отечественная геология*. 2001. № 1. С.20–30.
- Летников Ф.А. Гранитогнейсовые купола и межкупольные прогибы // *Гранитогнейсовые купола*. Иркутск, 1983. С.11–14.
- Летников Ф.А. Эволюция флюидного режима эндогенных процессов // *ДАН СССР*. 1983. Т.262. № 6. С.1438–1439.
- Летников Ф.А., Вилор Н.В. Золото в гидротермальном процессе. М.: Недра, 1981. 224 с.
- Ли Л.В. О связи формирования золоторудных месторождений с процессами прогрессивного регионального метаморфизма в Енисейском кряже // *Рудоносность и металлогения структур Енисейского кряжа*. Красноярск, 1974. С.102–113.
- Ли Л.В., Шохина О.И. Распределение золота в протерозойских осадочно–метаморфических породах Енисейского кряжа // *Тр. КО СНИИГГИМС*. 1974. Вып.145.

- Линдгрен В. Месторождения золота и платины. М.:Цветметиздат, 1932.
- Линдгрен В. Минеральные месторождения. М.: ОНТИ, 1934.
- Магакьян И.Г. Рудные месторождения (промышленные типы месторождений металлических полезных ископаемых). М.: Госгеолтехиздат, 1955. 335 с.
- Макеровский М. Геогностическое описание частных золотых промыслов Восточной Сибири. Горный журнал. 1844. Кн. IV. С.1–26.
- Марченко Л.Г., Ищенко В.В. Кислородсодержащие углеводороды в золото-сульфидно-вкрапленном оруденении. ДАН СССР. 1989. Т.305. № 5. С.1224–1227.
- Мейстер А.К. Бассейны рек Удерея-Удоронги // Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский золотоносный район. 1900. Вып. I. С.59–85.
- Мейстер А.К. Бассейн р.Татарки // Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский золотоносный район. 1902. Вып. III.
- Мейстер А.К. Горные породы и условия золотоносности южной части Енисейского горного округа // Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский золотоносный район. 1910. Вып. IX..
- Миронов А.Г, Ножкин А.Д. Золото и радиоактивные элементы в рифейских вулканогенных породах и продуктах их метаморфизма (Енисейский кряж). Новосибирск: Наука, 1978. 254 с.
- Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. Геология и геохимия кварцево–золоторудных месторождений Саралинского рудного поля. Красноярск, 1974. 117 с.
- Моисеенко В.Г. Условия образования золоторудных месторождений юга Дальнего Востока // Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока.. Новосибирск: Наука, 1976. С.3–19.
- Моисеенко В.Г., Михайлов М.А., Сахно В.Г. Поведение золота и серебра при осадконакоплении, вулканизме и метаморфизме. Новосибирск: Наука, 1974. 102 с.
- Наркелюн Л.Ф., Трубочев А.И. Главнейшие факторы размещения и прогноза стратиформных месторождений меди // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Иркутск: Изд. ИрГТУ, 1997. С.24–33.
- Наркелюн Л.Ф., Салихов В.С., Трубочев А.И. Медистые песчаники и сланцы мира. М.: Недра, 1983. 414 с.
- Нестеров Н.В. Гипергенное обогащение золоторудных месторождений Северо–востока СССР. Новосибирск: Наука, 1985.199 с.
- Нифонтов Р.В. К вопросу о хемогенной золотоносности осадочных горных пород некоторых районов // Методы исследования минерального сырья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. С.90–97
- Ножкин А.Д., Кренделев Ф.П., Миронов А.Г. Золото в процессах магматизма и метаморфизма в северо–восточной части Енисейского кряжа // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. Новосибирск: Наука, 1976. С.54–70.
- Ножкин А.Д., Туркина О.М., Бобров В.А. Типы распределения редкоземельных элементов и петрогенезис гранитоидов // ДАН СССР. 1989. Т.305. № 5. С.425–429.
- Обручев В.А. Отчет о геологической экспертизе Богомдарованного рудника Иваницких в Ачинском горном округе. СПб, 1911.
- Обручев В.А. Геологический обзор золотоносных районов Сибири. Ч. II. Средняя Сибирь. 1913. Вып. 2.
- Обручев В.А. Рудные месторождения. М.–Л.: Горгеонефтеиздат, 1934.

- Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Гарбар С.В. и др. Механизм биогенного формирования аутигенных включений золота в тонкодисперсных осадках // ДАН СССР. 1985. Т. 284. № 3. С.711–713.
- Овчинников Л.Н. Интрателлурические растворы, магматизм и рудообразование // Проблемы магматогенной геологии. Новосибирск: Наука, 1973. С.318–329.
- Орлов В.П. О повышении экономической эффективности использования и изучения недр // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1999. № 4.
- Парк Ч.Ф., Мак-Дормит Р.А. Рудные месторождения. М.: Мир, 1966. 545 с.
- Паталаха Е.И. Тектонофациальный анализ складчатых сооружений фанерозоя. М.: Недра, 1985.
- Паталаха Е.И., Слепых Ю.Ф. Пересекающаяся складчатость (геометрический анализ). М.: Недра, 1974. 120 с.
- Паталаха Е.И., Лукиенко А.И., Гончар В.В. Тектонические потоки как основа понимания геологических структур. Киев, 1995.
- Перфильев Б.В. Новые данные о роли микробов в рудообразовании // Изв. Геолкома. 1927. Т. XLV–XLVII. С.795–800.
- Петров В.Г. Эндогенные месторождения золота Северной части Енисейского края. Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1969.
- Петров В.Г. Золотоносность кординской и удерейской свит верхнего протерозоя северной части Енисейского края // Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР. 1972. Вып. 149. С.21–36.
- Петров В.Г. Условия золотоносности Северной части Енисейского края. Новосибирск: Наука, 1974. 138 с.
- Петров В.Г. Золото в опорных разрезах верхнего докембрия Западной окраины Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1976. 213 с.
- Петров В.Г. Золото и органическое вещество в осадочно-метаморфических толщах докембрия Енисейского края // Минералогия и геохимия рудных месторождений Сибири. Новосибирск: Наука, 1977.
- Петров В.Г. Крупномасштабное опробование при геохимических исследованиях на золото. Новосибирск, 1982. 130 с.
- Петровская Н.В. Переотложение золота и кварца при процессах формирования золоторудных месторождений // Вопросы геологии месторождений золота. Томск, 1970. С.133–139.
- Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Недра, 1973. 348 с.
- Поликарпочкин В.В., Коротаева И.Я., Гапон А.Е. Концентрирование хомолхинского золота в осадкообразовании // СибГЕОХИ. Ежегодник 1968, 1969. С.240–245.
- Попов В.В. Геологические условия экзогенно-гидротермального рудообразования. М.: Недра, 1980. 240 с.
- Попов В.В., Яковлев Г.Ф. Полигенные стратиформные месторождения руд цветных металлов // 27 МГК. Металлогения и рудные месторождения. М.: Наука, 1984. С.56–63.
- Попов В.М., Асаналиев У.А., Наркелюн Л.Ф. Современное состояние и задачи изучения стратиформных месторождений цветных металлов и золота // Процессы осадочного и вулканогенно-осадочного накопления цветных металлов. Новосибирск, 1980. С.5–17.
- Попов В.М., Лисий В.А. Перспективный тип золоторудных месторождений Сибири // Разведка и охрана недр. 1974. № 7.

- Происхождение стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов // Тр. Фрунзенского политех. ин-та. 1983.
- Прокофьев В.Ю., Афанасьева З.Б., Иванова Г.Ф., Буарон М.К., Мараньяк Х. Исследования флюидных включений в минералах Олимпиадинского Au-(Sb-W) месторождения (Енисейский край) // Геохимия. 1994. № 7. С.1012–1029.
- Пузанов А.А. Первичные геохимические ореолы Советского золоторудного месторождения // Автореф. канд. дисс. Иркутск, 1985.
- Путин В.В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития Российской экономики // Зап. Горного ин-та. 1999. Т.144 (1). С.3–9.
- Развозжаева Э.А., Коткин В.В. Органическое вещество и его связь с золотом в процессе регионального прогрессивного метаморфизма // Всесоюз. совещание по геохимии углерода. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1981. С.116–118.
- Рослякова Н.В., Росляков Н.А. Эндогенные ореолы месторождений золота. Новосибирск: Наука, 1975. 130 с.
- Рудные месторождения СССР. М.: Недра, 1974. Т. 3.
- Рудные месторождения США. М.: Мир, 1972. Т. 2. 689 с.
- Сазонов А.М. Минералого-геохимические признаки метаморфогенного генезиса золоторудного оруденения Средней Сибири // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985. С.14–22.
- Сазонов А.М. Геохимия золота в метаморфических толщах. Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 1998. 166 с.
- Сердюк С.С. Минерально-сырьевая база золота Красноярского края. Перспективы освоения и развития // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. № 1. С.21–29.
- Сидоренко А.В. Изучение докембрия – важная задача современной геологии // Вестник АН СССР. 1965. № 10. С.10–15.
- Ситтер Л.У. Структурная геология. М.: ИЛ, 1960. 474 с.
- Смирнов В.И. Соотношение сингенетических и эпигенетических процессов при формировании стратиформных месторождений цветных металлов // 24 МГК. Докл. сов. геологов. М.: Наука, 1972. С.7–20.
- Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 688 с.
- Смирнов В.И. Энергетические основы постмагматического рудообразования // ГРМ. 1981. № 1. С.5–17.
- Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 669 с.
- Смирнов В. И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М., Яковлев Г.Ф. Курс рудных месторождений. М.: Недра, 1981. 348 с.
- Справочное пособие по стратиформным месторождениям / У.А.Асаналиев, Л.Ф. Наркелюн, В.В. Попов и др. (Ред. Л.Ф. Наркелюн, А.И. Трубачев). М.:Недра, 1990. 391 с.
- Стратиформные месторождения цветных металлов и золота Сибири и Дальнего Востока. Чита, 1977. 138 с.
- Стратиформные месторождения цветных и редких металлов в черносланцевых формациях. Фрунзе: Фрунзен. политех. ин-т, 1983. 142 с.
- Стреляев В.И. Литологический контроль – основа прогнозирования стратиформных месторождений золота // Условия образования, методы изучения и прогноза стратиформных месторождений редких и благородных металлов. Фрунзе, 1983. С.27–34.

- Судовиков Н.Г. Будинаж и его значение в петрологии // Тр. лаб. геол. докембрия АН СССР. 1957. Вып. 7.
- Судовиков Н.Г. Региональный метаморфизм и некоторые вопросы петрологии. Л.: ЛГУ, 1964. 550 с.
- Судовиков Н.Г. Метаморфогенное рудообразование // Сов. геология. 1965. № 1.
- Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.
- Таусон Л.В. Геохимия и металлогения латитовых серий // ГРМ. 1982. № 3. С. 3–14.
- Таусон Л.В., Ломоносов И.С., Глюк Д.С. и др. О возможности образования гидрогенных месторождений золота // ДАН СССР. 1989. Т. 305. № 4. С. 960–964.
- Условия образования, методы изучения и прогноза стратиформных месторождений редких и благородных металлов. Фрунзе: Политех. ин-т. 1983. 200 с.
- Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов // Тезисы докл. I Всесоюзной конференции. Фрунзе: Политех. ин-т, 1985.
- Усов М.А. Краткий курс рудных месторождений. Томск: Кубуч, 1933.
- Фейтельман Н.Г. Эффективность освоения минеральных ресурсов СССР. М.: Недра, 1985.
- Филонюк В.А. Фундаментальные свойства полей концентрации золота в рудных телах эндогенных месторождений и их влияние на достоверность традиционных методов разведки // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Иркутск: Изд. ИПИ, 1989. С. 31–42.
- Филонюк В.А., Блинков Н.Н., Власьевский Л.П. Способ разведки золотокварцевых жил // Авторское свидетельство № 1725656 А 1 от 07.06.85 г.
- Фогельман Н.А., Шабаловский А.Е., Миронов Е.П. Геология и структура Коммунарковского рудного поля на Восточном склоне Кузнецкого Алатау. Тр. Нигризолото. 1954.
- Фогельман Н.А., Шабаловский А.Е. Условия локализации штокверковых месторождений в пределах Коммунарковского рудного поля на Восточном склоне Кузнецкого Алатау // Тр. Нигризолото. 1956.
- Фомин Д.П., Григоров В.Т. Тектоническая позиция стратиформного золотого оруденения зоны краевого шва южной части Сибирской платформы // Условия образования, методы изучения и прогноза стратиформных месторождений редких и благородных металлов. Фрунзе: Политех. ин-т, 1983. С. 41–47.
- Хазаргаров А.М. Стадийность оруденения золоторудных месторождений Саралинского рудного поля // Разведка и охрана недр. 1957. № 5. С. 4–11.
- Хачатуров Т.С., Фейтельман Н.Г., Базилева Н.В. и др. Инвестиционная политика природопользования. М.: Наука, 1989.
- Хилл Дж. Геолого-экономическая оценка горно-рудных проектов. Лондон, 1993.
- Шило Н.А., Сидоров А.А. Минералогические и генетические особенности золоторудных месторождений // Минералогия и геохимия рудных месторождений Северо-Востока СССР. Магдан, 1978. С. 3–14.
- Шиманский А.А., Филонюк В.А., Григоров В.Т. и др. Комплексные геолого-геохимические исследования Советского золоторудного месторождения (Енисейский Кряж). Зап. Забайкальского фил. геогр. о-ва СССР. 1073. Вып. XXXVII, С. 83–84.
- Широких И.Н., Росляков Н.А., Сотников В.И., Васьков А.С. Саралинский золоторудный узел Кузнецкого Алатау. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1998. 236 с.

- Шмотов А.П.* О перераспределении и мобилизации компонентов и рудных элементов в процессе дислокационно-гидротермального метаморфизма // *Метаморфогенное рудообразование*. М.: Наука, 1977.
- Щербаков Ю.Г.* Распределение и условия концентрации золота в рудных провинциях. М.: Наука, 1967. 268 с.
- Щербаков Ю.Г.* Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1977. 277 с.
- Ячевский Л.А.* Северо-Енисейский горный округ // *Горный журнал*. 1894. Т. I.
- Ячевский Л.А.* Условия золотоносности Северного Енисейского горного округа // *Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский золотоносный район*. 1903. Вып. IV. С. 43–77.
- Colvine A.C., Stewart J.W.* Precambrian shield gold exploration trends detailed // *Mining engineering*. 1984. № 12. P. 1642–1658.
- Dunn E.J.* *Geology of gold*. London, 1924.
- Dunn E.J.* *Geology of gold (South Africa, Australia, New Zealand)*. London, 1929. 303 p.
- Emmons W.H.* *Gold deposits of the world*. New-York and London, 1937. 562 p.
- Geology of Australian ore deposits*. Melbourne., 1953.
- Gold concentration by Precambrian plant life // *Mining Magazine*. 1976. V. 135. № 1. P. 21–24.
- Graton L.C.* Hydrothermal origin in the Rand deposits // *Econ. geol.* 1930. V. 25. № 33.
- Locke.* *Gold : its occurrence and extraction*. С.Пб., 1889.
- Narayanaswati S., Ziauddin M. & Ramachandra A.V.* Structural control and localization of gold-bearing lodes, Collar gold field, India // *Econ. Geol.* 1960. V. 55. № 7. P. 1429–1459.
- Nobl J.A.* Ore mineralization in the Homestake gold mine, Lead, South Dakota // *Bull. of the geolog. society of Amer.* 1950. V. 61. № 3. P. 221–252
- Preotrius D.A.* The nature of the Witwatersrand gold-uranium deposits // *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*. Amsterdam, Oxford, N.Y. 1976. V. 7. P. 29–88.
- Radtke A.S., Scheiner B.J.* Studies of hydrothermal gold deposition. Carlin gold deposit, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition // *Econ. Geol.* 1970. V. 65. № 2. P. 87–102.
- Spirakis Ch.S.* Occurrence of organic carbon in Mississippi Valley deposits and evaluation of processes involving organic carbon in the genesis of these deposits // *Organic and ore deposits*. Denver Colorado, 1986. P. 85–92.
- Structural geology of Canadian ore deposits // *Montreal Quebec.*, 1948.
- Stanton R.L.* Investigations of the Appalachian-Caledonide province and their Influence on the development of stratiform ore genesis theory: a short historical review // *Econ. Geol.* 1984. V. 79. № 7. P. 1425–1427.
- Vlassopoulos D., Wood S.A.* Gold speciation in natural waters // *Geochim. et cosmochim. acta*. 1990. V. 54. P. 3–12.

Научное издание

В.Т. Григоров

**КРУПНЕЙШИЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА И КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ
И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
С ПОЗИЦИИ СТРАТИФОРМНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ**

«Научный мир»

Тел./факс (007) (095) 291-2847

E-mail: naumir@ben.irex.ru. Internet: http://195.178.196.201/N_M/n_m.htm

Лицензия ИД № 03221 от 10.11.2000

Подписано к печати 23.12.2002

Формат 70×100/16

Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Печ. л. 10.5

Тираж 450 экз. Заказ 7

Издание отпечатано в типографии

ООО «Галлея-Принт»

Москва, 5-я Кабельная, 26