

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(ЗОЛОТО)**



Российская Академия наук  
Институт геологии Уфимского научного центра  
Академия наук Республики Башкортостан  
Отделение наук о Земле  
Государственное Унитарное Геологическое  
Предприятие «Башгеолцентр»

Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев,  
Г.И.Беликова, П.Г.Бердников

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(золото)  
Часть 1

Уфа-2003

УДК 553.411 (470.52)

ББК 26.325.14

П 49

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(золото) Часть 1 / Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев, Г.И.Беликова,  
П.Г.Бердников / – Уфа: «Экология», 2003. 222 с.

Предлагаемая книга из серии «Полезные ископаемые Республики Башкортостан» является первой частью издания, посвященного золотому орудуенению Республики. В ней характеризуются золото-рудные объекты, принадлежащие к золото-кварцевой, золото-сульфидной и золото-колчеданно-полиметаллической (баймакский тип) формациям. Здесь же приводятся сведения по колчеданным месторождениям уральского типа в связи с их золотоносностью.

На страницах монографии, кроме собственных материалов, обобщены все имеющиеся на сегодняшний день данные, разбросанные в многочисленных публикациях и производственных отчетах, с целью воссоздания реальной картины распространенности золота на территории Республики и перспектив его добычи.

В книге, с различной степенью детальности, кратко описано свыше 150 золоторудных месторождений, рудопроявлений и точек минерализации. Характеристика объектов дана согласно их формационной принадлежности и особенностям ведущих минеральных ассоциаций.

Кроме этого, раскрыты общие закономерности размещения золотого орудуенения. На основе анализа литературных материалов, подробно рассмотрено поведение золота при различных физико-химических параметрах во флюидных системах.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и, в первую очередь, на специалистов в области геологии и металлогении, а также студентов геологического профиля. Она будет полезна предпринимателям, занимающимся вопросами добычи полезных ископаемых.

Библиогр. 92 назв. Табл. 37. Илл. 46.

*Ответственный редактор:* доктор геол.-минер. наук Д.Н.Салихов

*Рецензент:* доктор геол.-минер. наук А.А.Алексеев

© Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев, Г.И.Беликова, П.Г.Бердников

Institute of Geology  
Ufa Research Centre of Russian Academy of Sciences  
Academy of Sciences of the Bashkortostan Republic  
State Unitary Geological Firms «Bashgeolcentre»

D.N.Salikhov, S.G.Kovalev,  
G.I.Belikova, P.G.Berdnikov

THE RESOURCES OF THE  
BASHKORTOSTAN REPUBLIC  
( gold )  
Part 1

Ufa-2003

UDC 553.411 (470.52)

BBC 26.325.14

P 49

THE RESOURCES OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC (gold).  
Part 1 / D.N.Salikhov, S.G.Kovalev, G.I.Belikova, P.G.Berdnikov/  
– Ufa: Ecologia, House, 2003. 222 p.

This monograph devoted to gold mineralization is one of a series of publications under the general title “Mineral Resources of the Republic of Bashkortostan”. The first part of the book is now brought to readers’ attention. It describes deposits belonging to gold-quartz, gold-sulphide and gold-pyrite-polymetallic (Baimak type) formations and presents information about massive sulphide ore deposits of the Uralian type in relation to their gold content.

Alongside the original data, the monograph compiles much evidence scattered in numerous publications and reports. The aim is to reproduce an actual pattern of gold distribution throughout the Republic and show the prospects for gold mining.

A brief, more or less detailed description is made for about 150 gold ore deposits, occurrences and sites of mineralization. Characteristics appear in accordance with formation types and peculiar features of major mineral associations.

Also shown are general regularities in the distribution of gold mineralization. On the basis of literature analyzed, a thorough consideration is given to gold behaviour under different physicochemical parameters in fluid systems.

The monograph is intended for a wide readership and primarily for specialists in geology and metallogeny. It will also be useful for industrial people who deal with the problems of mineral production.

*Responsible editors:* Doctor of geol.-miner. sciences D.N.Salikhov

*Reviewer:* Doctor of geol.-miner. sciences A.A.Alekseev

© D.N.Salikhov, S.G.Kovalev, G.I.Belikova, P.G.Berdnikov

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
<b>Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН .....</b>	<b>14</b>
<b>Глава 2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГЕНЕТИЧЕС- КИЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА .....</b>	<b>19</b>
2.1. Геохимические свойства .....	19
2.2. Генетические типы месторождений .....	26
2.3. Технология обогащения руд и извлечения золота .....	33
<b>Глава 3. ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖ- ДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И ИХ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА .....</b>	<b>37</b>
<b>Глава 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ .....</b>	<b>41</b>
4.1. Золото-арсенопирит-кварцевый минеральный тип .....	43
4.2. Золото-пирит-кварцевый тип .....	50
4.3. Золото-халькопирит-кварцевый тип .....	68
4.4. Золото-галенит-кварцевый тип .....	71
4.5. Золото-кварцевый тип .....	83
4.6. Золото-шеелитовый тип .....	103
<b>Глава 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ .....</b>	<b>105</b>
5.1. Золото-арсенопиритовый тип .....	105
5.2. Золото-пиритовый тип .....	111
5.3. Золото-халькопирит-пиритовый тип .....	122
5.4. Золото-сфалерит-галенитовый тип .....	127
<b>Глава 6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КОЛЧЕДАННО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ .....</b>	<b>134</b>
6.1. Золото-халькопирит-сфалеритовый тип .....	135
6.2. Золото-сфалерит-галенитовый тип .....	143
6.3. Золото-баритовый тип .....	147

<b>Глава 7. ЗОЛОТОНОСНОСТЬ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТО-</b> <b>РОЖДЕНИЙ</b> .....	149
<b>Глава 8. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ</b> <b>МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА</b> .....	159
8.1 Физико-химические параметры выделения золота в минералообразующих флюидах .....	160
8.2 Эпохи формирования золотого оруденения Республики Башкортостан .....	202
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	206
<b>АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> <b>И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ</b> .....	208
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	215



## CONTENTS

INTRODUCTION.....	9
<b>Chapter 1. HISTORY OF GOLD RESEARCH AND PROS- PECTION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN.....</b>	<b>14</b>
<b>Chapter 2. GEOCHEMICAL PROPERTIES, GENETIC TYPES OF DEPOSITS AND GOLD MINING TECHNOLOGY .....</b>	<b>19</b>
2.1. Geochemical properties.....	19
2.2. Genetic types of deposits.....	26
2.3. Gold dressing technology of ores and extraction of gold ....	33
<b>Chapter 3. CLASSIFICATION OF GOLD ORE DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN AND THEIR GENERAL CHARACTERISTIC.....</b>	<b>37</b>
<b>Chapter 4. DEPOSITS OF GOLD-QUARTZ FORMATION.....</b>	<b>41</b>
4.1. Gold-arsenopyrite-quartz mineral type.....	43
4.2. Gold-pyrite-quartz type.....	50
4.3. Gold-chalcopyrite-quartz type.....	68
4.4. Gold-galena-quartz type.....	71
4.5. Gold-quartz type.....	83
4.6. Gold-scheelite type .....	103
<b>Chapter 5. DEPOSITS OF GOLD-SULPHIDE FORMATION... </b>	<b>105</b>
5.1. Gold-arsenopyrite type.....	105
5.2. Gold-pyrite type .....	111
5.3. Gold-chalcopyrite-pyrite type.....	122
5.4. Gold-sphalerite-galena typ.....	127
<b>Chapter 6. DEPOSITS OF GOLD-PYRITE-POLYMETALLIC FORMATION.....</b>	<b>134</b>
6.1. Gold-chalcopyrite-sphalerite type.....	135
6.2. Gold-sphalerite-galena type .....	143
6.3. Gold-barite type.....	147
<b>Chapter 7. GOLD CONTENT OF MASSIVE SULPHIDE ORE DEPOSITS.....</b>	<b>149</b>



<b>Chapter 8. GENERAL PROBLEMS OF GOLD</b>	
DEPOSITS.....	159
8.1. Physico-chemical parameters of gold extraction in mineral-forming fluids.....	160
8.2. Geological stages of gold ore deposition in Bashkortostan Republic .....	202
CONCLUSION.....	206
ALPHABETIC LIST OF ORE DEPOSITS AND ORE MANIFESTATIONS.....	208
REFERENCES .....	215

## ВВЕДЕНИЕ

Золото является уникальным металлом. Сегодня нельзя восстановить тот исторический момент, когда оно впервые было использовано человеком в своей практической деятельности. Как установлено археологическими исследованиями последних лет, золото использовалось уже в VI веке до н. э. в государствах Малой Азии в качестве платежного средства (в виде монет). В дальнейшей истории развития человечества этот металл приобрел свойства универсального «общемирового денежного эквивалента». И в настоящее время золото выступает основным «гарантом» поддержания стабильности многих валют мира в виде золотого запаса, хотя динамика изменения его цены подвержена значительным колебаниям, что особенно заметно в последние десятилетия.

В конце XX века добыча золота регулировалась, в первую очередь, спросом на этот металл, так как значительно расширился круг областей его применения (электронная, электрохимическая и другие отрасли промышленного производства). В то же время, в этот период наблюдалось некоторое его «удешевление», обусловленное возрастанием объемов добычи и понижением роли золота в качестве «мировых денег».

Динамика мирового производства золота в 90-х годах XX века и обеспеченность общими запасами главных производителей этого металла представлена в таблице 1. Простейший анализ этих цифр показывает, что его производство подвержено значительным колебаниям, но несмотря на некоторое снижение добычи в период 1994-1995 годов, потребление этого металла постоянно растет.

Золотодобыча в России за этот период времени претерпела значительные изменения в связи с общим экономическим кризисом в нашей стране, связанным со сменой «общественно-политического строя» и общей экономической «неразберихой», которая царил на этом отрезке истории Российского государства. Поэтому цифры, приведенные в таблице 2 показывают (по большей части регионов России) некоторое уменьшение количества добываемого золота в период максимальной нестабильности и последующий рост при повышении стабильности экономики.

Таблица 1

Динамика мирового производства золота и его общие запасы  
(по В.Е.Бойцову, Г.Н.Пилипенко, Н.А.Солодову, 1999)

Страна	Производство золота, т					Общие запасы
	1991	1992	1993	1994	1995	
ЮАР	601,1	614,1	619,1	579,8	522,4	39
США	293,5	322,2	332,1	326,0	329,3	9,1
Австралия	236,1	243,5	247,2	254,9	253,5	2,7
Канада	175,3	161,4	150,9	146,4	150,3	4,3
Россия	143,7	134,5	144,2	136,8	127,8	-
Китай	73,0	80,0	88,0	98,0	108,0	2,0
Индонезия	18,4	40,4	46,3	55,3	74,1	2,6
Бразилия	76,8	76,5	75,7	75,4	67,4	3,9
Узбекистан	75,0	64,5	66,4	64,4	63,6	2,8
Папуа-Новая Гвинея	60,8	71,2	61,5	60,5	54,8	3,03
Гана	27,3	34,0	41,4	44,5	52,2	1,2
Перу	15,1	15,6	27,4	39,3	51,5	0,63
Чили	32,5	33,0	38,5	43,3	44,0	0,95
Филиппины	30,5	27,2	29,8	31,2	32,0	1,75
Зимбабве	17,8	19,9	20,7	22,5	26,1	0,65

*Примечание:* Запасы даны в тыс. т. на 01.01.1996 г.

На территории Республики Башкортостан известны многочисленные месторождения и рудопроявления коренного золота различной генетической природы, золотоносные россыпи, а также месторождения, где золото является одним из основных (золотосодержащие рудные формации) или попутных (колчеданные месторождения) компонентов.

Территориально золоторудные месторождения Республики размещаются в четырех рудных районах: Белорецко-Авзянском, Учалинском, Баймакском и Зилаирском. Ученные балансовые запасы золота сосредоточены в 50 месторождениях, в том числе в 6 коренных, 31 россыпных и 13 комплексных (Хамитов и др., 1999).

Таблица 2

Добыча и производство золота в России в 1991-1997 гг (кг)  
(по В.Е.Бойцову, Г.Н.Пилипенко, Н.А.Солодову, 1999)

Регион	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Магаданская область	30338	29156	28600	28183	22343	20735	26440
Республика Саха-Якутия	32800	30515	33358	31300	28759	22946	19988
Амурская область	10800	10222	11200	11426	12418	11315	9712
Чукотский АО	14412	14417	13068	11682	9790	9109	9073
Хабаровский край	7795	7514	7702	7675	8358	8435	6804
Корякский АО	-	-	75	282	421	418	436
Сахалинская область	165	190	144	198	2	214	227
Еврейский АО	-	-	-	-	-	-	92
Приморский край	240	244	455	434	421	260	32
Красноярский край	6335	6533	7057	7188	7047	10749	16540
Иркутская область	11000	7232	11925	11028	11649	11802	11221
Республика Бурятия	2600	2745	3370	4184	4293	4333	4741
Читинская область	7800	8470	8167	8732	7228	5890	4620
Республика Хакассия	1195	1483	2218	1960	1343	1237	1570
Республика Тыва	70	462	750	674	775	1003	733
Таймырский АО	-	-	-	-	-	-	177
Ачинский Бурятский АО	-	-	-	-	-	-	12
Свердловская область	4077	3302	3712	3115	3267	1987	1470
Челябинская область	1945	1714	1769	1779	1609	1050	847
Республика Башкортостан	305	320	515	417	566	311	83
Пермская область	-	-	-	64	68	52	66
Оренбургская область	55	86	85	-	-	-	6
Республика Алтай	275	287	319	97	259	405	387
Кемеровская область	987	608	1050	848	878	505	350
Новосибирская область	190	117	143	330	387	306	256
Ханты-Мансийский АО	-	--	15	-	125	96	114
Алтайский край	48	54	200	160	44	53	37
Республика Коми	218	350	350	175	106	46	41
Республика Карелия	-	-	-	-	31	8	12

Уже около 150 лет золоторудные объекты Башкирии активно эксплуатируются и изучаются. Но, в то же время, в двух наиболее полных обобщенных сводках по золотоносности Урала («200 лет золотой промышленности Урала», 1948; и «Месторождения золота Урала», В.И.Сазонов и др., 1999), материалы по башкирским объектам довольно скудны. И хотя данные, с различной степенью детальности освещающие некоторые вопросы геологии, структурного положения и тектонической приуроченности, минералогии, геохимии и генетических условий образования отдельных объектов довольно многочисленны, тем не менее, не существует сводной работы по золотоносности Республики в целом, необходимость в которой уже давно назрела. Кроме этого, появление этой работы диктуется открытием новых генетических типов комплексных месторождений золота (черносланцевые формации), выявленных в последние десятилетия, а также обнаружением повышенных содержаний Au в структурно-вещественных комплексах, считавшихся ранее малоперспективными на этот вид полезного ископаемого (разновозрастные конгломераты и др.).

Предлагаемая монография призвана восполнить этот пробел. На страницах работы, кроме собственных материалов, обобщены все имеющиеся на сегодняшний день данные, разбросанные в многочисленных публикациях и производственных отчетах, с целью воссоздания реальной картины распространения золота на территории Республики Башкортостан и перспектив его добычи. При этом мы отдаем себе отчет в том, что значительное количество объектов (особенно мелких и уже отработанных) осталось за рамками данной работы из-за недостатка материалов, многие из которых не сохранились.

Предлагаемая книга из серии «Полезные ископаемые Республики Башкортостан» является первой частью издания, посвященного золотому оруденению. В ней характеризуются золоторудные объекты, которые относятся к золото-кварцевой, золото-сульфидной и золото-колчеданно-полиметаллической (баймакский тип) формациям. Здесь же приводятся сведения по колчеданным месторождениям уральского типа, но только в связи с их золотоносностью.

Второй том будет посвящен описанию месторождений и рудопроявлений нетрадиционных типов и россыпям.

В монографии дано описание месторождений и рудопроявлений согласно их формационной принадлежности и особенно-

стям ведущих минеральных ассоциаций. Раскрыты общие закономерности размещения оруденения. На основе анализа литературных материалов, подробно рассмотрено поведение золота во флюидных системах при различных физико-химических параметрах.

Исследования по данной тематике проводились по личной инициативе авторов и при финансовой поддержке Государственного унитарного геологического предприятия «Башгеолцентр». Разделы, касающиеся золотоносности западного склона Южного Урала, написаны С.Г.Ковалевым и П.Г.Бердниковым. Разделы, характеризующие золотоносность восточного склона (Учалинский и Баймакский районы Республики Башкортостан), написаны Д.Н.Салиховым и С.Г.Ковалевым. Глава «Общие вопросы формирования месторождений золота» написана Д.Н.Салиховым и Г.И.Беликовой.

Авторы выражают искреннюю признательность начальнику Государственного Унитарного Предприятия УКГЭ «Урал-золоторазведка» В.Г.Меньшикову за постоянную помощь и поддержку в подготовке и издании данной книги, а также С.Е.Знаменскому, за критические замечания, способствовавшие улучшению работы.

## Глава 1

# ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Данные о первых работах по золотодобыче на территории Республики в архивных материалах отсутствуют, так как, вероятнее всего, они проводились мелкими артелями и частными предпринимателями, не афишировавшими сведения о месторасположении рудных объектов. Имеющиеся материалы позволяют предполагать, что более или менее организованная золотодобыча на территории Республики Башкортостан началась в первой половине XVIII века, так как уже в середине этого столетия золотоискателями были обнаружены окисленные медные руды, промышленная разработка которых началась в начале XIX века Южно-Уральским Горным Акционерным Обществом (ЮУГАО). На конец XIX века приходится и разработка месторождений, прилегающих к пос. Авзян, проводившаяся Тамьяно-Тангауровским и Комаровским старательскими обществами.

К первой четверти XIX столетия, после открытия богатых россыпей в долине р. Миасс, относится организация золотодобычи в Учалинском районе. До 1877 года золотодобыча на приисках Константиновском, Аннинском и Крещенском производилась Государственным ассигнационным банком, с 1877 по 1911 год – Миасским золотопромышленным Товариществом, а с 1911 по 1914 год – Российским золотопромышленным Обществом. В это же время целый ряд мелких россыпей обрабатывался отдельными частными предпринимателями и мелкими обществами. Основными объектами золотодобычи были россыпи: Леонтьевская, Васильевская, Елизаветинская, Надеждинская, Карасульская, Уйская, Краснохтинская, Шартымская, Рысаевская и другие.

Приблизительно в это же время, в 1870-1890 годах, активно разрабатывались россыпи (Гадельша, Худолаз, Мамеля-Елга и др.) и месторождения (Гадельша, Таналык, Султановское, Уртазым-Горяевское и другие, более мелкие), расположенные южнее и восточнее (на территории современных Абзелиловского и Баймакского районов). Как и в Учалинском районе, разработка в целом проводилась бессистемно; большая часть запасов оконтуривалась с поверхности, а на глубину почти не разведывалась.



В 1906-1907 годах Комаровским Акционерным обществом, было положено начало геологоразведочных и эксплуатационных работ на месторождении Горный прииск, в полутора километрах севернее которого было обнаружено месторождение Габитовская жила.

К 1912 году относятся первые сведения о Тубинской группе полиметаллических месторождений (Восточно-Кузнечное, Северное, Среднее, Южное и Куртлу-Су-Тау), на Южном и Северном из которых в период с 1915 по 1918 год отрабатывались руды железных шпал с содержанием золота до 70-80 г/т.

В 1913 году, по выходам бурых железняков на дневную поверхность, было открыто Сибайское колчеданное золотосодержащее месторождение. В целом же, за период 1912-1916 года ЮУГАО был открыт ряд месторождений (Восточно-Семеновское, Семеновское, Юлалинское и Туба-Каин), приуроченных к мощной рассланцованной зоне туфов с сульфидной и золотобаритовой минерализацией.

В Авзянском районе с 1908 по 1913 год разведывалась и разрабатывалась россыпь Кургашля, а в период с 1910 по 1914 год проводилась разведка совместно с эксплуатацией россыпи Багрешка.

В 1915-1916 годах ЮУГАО началась разведка месторождения Бакр-тау («Медная гора»). В обеленных и ожелезненных эффузивах месторождения были установлены промышленные содержания золота.

Изученность распространения золота на территории Республики Башкортостан связана не только с различными организациями (обществами, товариществами, артелями и др.), которые занимались его промышленной добычей, но и с именами отдельных геологов, внесших крупный вклад в описание отдельных рудных объектов, изучение генетических особенностей месторождений, их классификацию и обоснование формационной принадлежности.

В частности, в 1881 году А.П.Карпинский в обзорной работе дает довольно детальное описание Калканского золоторудного месторождения и высказывает мнение о генетической связи золота с ультраосновной магмой.

В 1889 году Ф.Н.Чернышев в своей монографии дает характеристику всех известных к тому времени в Учалинском районе золоторудных месторождений, а также обосновывает главные

принципы их классификации. По его мнению, высвобождение золота происходит в процессе серпентинизации гипербазитов.

В 1927-1928 годах Н.Н.Дингельштедт проводит детальные исследования в Учалинском районе, на основе чего составляет геологическую карту масштаба 1:200000 с описанием ряда золотых месторождений Миндякского и Вознесенского рудных полей.

В период с 1928 по 1933 год в Авзянском районе была открыта золотоносная россыпь Большой Ключ.

В 1932-1935 годах начались первые разведочные работы на Султановской россыпи, предварительный подсчет запасов по которой был закончен в 1936 году.

В 1931-1936 годах Н.И.Бородаевским в пределах этого же района проводилось изучение рудных месторождений золота и меди, результатом чего в 1937 году было установлено (совместно с М.Б.Бородаевской) наличие двух возрастных генетических типов золоторудных месторождений, первый из которых связан со среднепалеозойскими габброидными интрузиями, а второй – с верхнепалеозойскими гранитоидами.

В 1936 году В.М.Славиным изучались россыпи в районе села Уйское. В результате проведенных работ им было надежно установлено наличие дочетвертичных россыпей.

В 1937 году А.П.Сиговым был обобщен большой материал по геологии рыхлых отложений, истории эксплуатации, степени разведанности и прогнозным запасам россыпей севера Учалинского района. В этом же году работами геологов Авзянского приискового управления были открыты месторождения Судовая поляна и Улюк-Бар.

В 1939 году Миндякским рудоуправлением возобновляются разведочные работы в районе прииска Березовая Роща, в результате чего была открыта новая – Ново-Мариинская россыпь.

В 1939-1940 годах Ф.И.Ковалевым с соавторами были исследованы и подробно описаны практически все месторождения золота Баймакского района.

В 1943-1944 годах З.А.Конюховым и И.Е.Лещук проведено обобщение материалов по всем известным к тому времени золоторудным месторождениям Южного Урала. По генетическим признакам и морфологическим особенностям рудных тел они выделили пять типов месторождений: 1) зоны окисления (железные шляпы) сульфидных месторождений; 2) рассланцованные минерализованные зоны; 3) золото-кварцевые жилы; 4) золото-баритовые жилы; 5) прочие жильные месторождения.

В 1945 году П.И.Еремеевым были разведаны Уйская россыпь и объект по реке Карасуль, а в 1946 году А.С.Калинин проводил поисково-разведочные работы по изучению золотоносных россыпей Копийской и Золотой ключик.

В 1946 году Т.Е.Мосаловой был обобщен весь имеющийся материал и составлена сводная карта россыпей с объяснительной запиской масштаба 1:500000.

После изучения золотосодержащих колчеданных месторождений в 1945-1947 годах М.Б.Бородаевской была опубликована монография «Золото-колчеданные месторождения Учалинского района», в которой она описывает структурные закономерности строения объектов и поисковые критерии на этот вид минерального сырья в сочетании с генетическими и возрастными характеристиками.

В 1961 году И.В.Ленных закончил работы по составлению прогнозно-металлогенических карт Учалинского и Абзелиловского районов, на которых были выделены рудоконтролирующие структуры и перспективные золотоносные площади.

В 1962 году В.А.Прокиным была закончена работа по теме «Металлогенические и прогнозные карты эндогенных месторождений Башкирского Урала масштаба 1:500000», в которой приведена наиболее полная систематизация золоторудных месторождений.

В 1962-1963 годах А.Г.Беликовым и Н.Н.Соловьевым были проведены тематические работы по оценке золотоносных россыпей восточного склона Башкирского Урала и составлена карта россыпей Учалинского района в масштабе 1:100000.

В 1964 году С.С.Коноваленко была написана диссертационная работа по теме «Закономерности размещения россыпных месторождений золота в районе верховьев рек Миасса, Уя и Урала», в которой автор обобщил результаты всех ранее проведенных поисково-оценочных и эксплуатационных работ.

С 70-х годов и до нынешнего времени отдельные вопросы золотоносности структурно-вещественных комплексов, геологии, геохимии, минералогии отдельных рудных объектов и рудных районов, расположенных на территории Республики Башкортостан, освещались как в опубликованных работах, так и фондовых материалах А.Г.Акиншиной, И.С.Анисимова, А.Г.Беликова, П.Г. Бердникова, М.Ш. Бикова., А.С.Бобохова, Г.В.Бойкова, М.Б. Бородаевской, Н.И.Бородаевского, С.Г.Варганова, И.С.Вахромеева, И.В.Высоцкого, В.А.Гаврилова., Б.Г.Галлиулина, М.И.Долгаля, А.А.Захарова, С.Е.Знаменского, Т.С. Ивановой, А.А.Иванова, М.И.Ис-

магилова, В.В.Кандыбы, Ш.Н.Каца, А.И.Кривцова, С.Г.Ковалева, Ф.И.Ковалева, А.М.Косарева, М.В.Лозового, Б.Д.Магадеева, А.А.Макушина, В.Г.Меньшикова, Г.А.Морозова, Э.О.Олина, Н.В.Петровской, Е.В.Попова, В.М.Попова, Г.Н.Пшеничного, В.А.Прокина, И.В.Рачева, Г.А.Резвых, М.В.Рыкуса, Д.Н.Салихова, И.Б. Серавкина, В.М.Смирнова, М.А.Смирнова, П.Ф.Сопко, В.С. Шарфмана, Н.А.Шевалева, А.Л.Чернова и многих других.

## Глава 2

# ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ЗОЛОТА

### 2.1. Геохимические свойства

Золото (атомный номер 79) располагается в IB подгруппе Периодической системы Менделеева, чем и обуславливаются его химические свойства и поведение в геохимических процессах. Этот металл обладает исключительной химической инертностью и характеризуется самыми низкими (среди группы благородных металлов) величинами химического сродства к кислороду и сере. Чаще всего золото имеет валентность +1 и +3, причем двухвалентное Au устойчиво лишь в форме сульфидов, а остальные его соединения (в виде  $Au^{2+}$ ) разлагаются водой. Золото проявляет высокую способность к самородному минеральному состоянию, в результате чего почти все рудное Au находится или переходит в самородную форму (Юшко-Захарова и др., 1986).

Обычно оно растворяется в водных растворах, содержащих лиганд, способный к комплексообразованию с Au, и окислитель. Но каждый из этих реагентов, взятый по отдельности, не способен его растворять. Так, например, золото не растворяется ни в соляной, ни в азотной кислотах, но, в то же время относительно легко растворяется в «царской водке», представляющей собой смесь  $HCl + HNO_3$  в пропорции 3:1 с образованием золотохлористоводородной кислоты  $H[AuCl_4]$ .

Одной из характерных особенностей золота является резко выраженная склонность к образованию комплексных соединений с различными лигандами: хлоридные  $[AuCl_2]^-$ ; гидроксокомплексные  $Au(OH)^-$ ,  $[Au(OH)_2]^-$ ,  $[Au(OH)_4]^-$ ; смешанные гидроксохлоридного типа  $[AuCl_2(OH)_2]^-$ ; бромидные  $[AuBr_2]^-$ ,  $[AuBr_4]^-$ ; иодидные  $[AuI_2]^-$ ; фторидные  $[AuF_4]^-$ ,  $[AuF_6]^-$ ; сульфидные и гидросульфидные  $[AuS]^-$ ,  $Au(HS)_2^-$ ; тиосульфатные  $[Au(S_2O_3)_2]^{3-}$  и цианидные  $[Au(CN)_2]^-$ , а также с органическими соединениями.

М.И.Новгородова, рассматривая сродство металлов к различным окислителям, показала, что золото и серебро, встречающиеся совместно в виде минералов – твердых растворов

(что признается не всеми исследователями), должны быть разобщены в водородной флюидной среде, которая характерна для мантийных процессов (Новгородова, 1983). Это связано с тем, что Au способно к образованию гидридов и его связь с водородом гораздо прочнее, чем с кислородом (Маракушев, 1977), в то время как серебро индифферентно к водороду.

По распространенности в природе, золото относится к одному из самых редких элементов. Его содержание в земной коре по данным различных авторов составляет (вес. %): Ф.Кларк, Г.Вашингтон –  $n \cdot 10^{-7}$ ; А.Е.Ферсман –  $5,0 \cdot 10^{-7}$ ; А.П.Виноградов –  $4,3 \cdot 10^{-7}$ ; С.Р.Тейлор –  $4,0 \cdot 10^{-7}$ .

Средние содержания Au в отдельных разновидностях пород, слагающих земную кору, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Распространенность золота в горных породах (в вес. %)

Порода	Содержания
по А.П.Виноградову, 1962	
хондриты (каменные метеориты)	$1,7 \cdot 10^{-5}$
ультраосновные породы (дуниты и др.)	$5 \cdot 10^{-7}$
основные породы (габбро, базальты и др.)	$4,0 \cdot 10^{-7}$
средние породы (диориты, андезиты и др.)	-
кислые породы (граниты и др.)	$4,5 \cdot 10^{-7}$
осадочные породы (глины и сланцы)	$1,0 \cdot 10^{-7}$
по Ю.Г.Щербакову, 1967	
хондриты	$1,7 \cdot 10^{-5}$
граниты	$2,0 \cdot 10^{-7}$
граносиениты	$2,4 \cdot 10^{-7}$
сиениты	$4,4 \cdot 10^{-7}$
диориты	$3,4 \cdot 10^{-7}$
риолиты	$4,7 \cdot 10^{-7}$
порфириды и диабазы	$4,9 \cdot 10^{-7}$
габбро	$8,2 \cdot 10^{-7}$
гипербазиты	$1,1 \cdot 10^{-5}$
глинистые сланцы	$2,5 \cdot 10^{-7}$
песчаники	$2,2 \cdot 10^{-7}$
известняки	$2,8 \cdot 10^{-7}$
гнейсы	$4,3 \cdot 10^{-7}$

В целом, по возрастающей концентрации золота в природных образованиях выстраивается следующий ряд: морская вода – осадочные породы – кислые изверженные породы – средние изверженные породы – основные и ультраосновные магматические породы – хромиты базальтоидных пород – гидротермальные руды («Горная ...», 1986).

В последнее время в литературе были опубликованы многочисленные данные, характеризующие кларковые содержания золота в породах различной формационно-генетической принадлежности. Но, как справедливо отмечает В.А.Буряк, в большинстве случаев эти материалы не могут быть признаны надежными. В частности, так называемые «кларковые» содержания в большинстве случаев характеризуют измененные породы, в том числе околожилные метасоматиты. В результате этого расхождения в величинах содержаний для одних и тех же пород одного района или территории (по данным различных авторов) достигают 500-1000% (Буряк, 1982). Этим автором, на основе многочисленных данных, была сделана попытка расчета кларков золота для пород миогеосинклинальных прогибов, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4

Кларковые содержания золота в породах рудоносных  
миогеосинклинальных прогибов (в мг/т)

Порода	Содержания
«Углистые» рудовмещающие алевролиты, филлиты, алевросланцы	<u>0,8–1,5</u> <u>0,2–3,0</u>
Пиритсодержащие разновидности этих пород	<u>3,0–8,0</u> <u>2,0–120</u>
«Углистые» рудовмещающие алевросланцы с повышенными содержаниями Mg-Fe карбонатов и сингенетичным пиритом	<u>0,5–2,0</u> <u>1,0–3,0</u>
Кварцитовидные «углистые» пиритоносные песчаники	<u>4,0–8,0</u> <u>2,0–20</u>

*Примечание:* В числителе средние значения (кларки), в знаменателе – пределы колебаний для отдельных анализов (по А.В.Буряку, 1982).

В работе В.Н.Сазонова с соавторами приводятся многочисленные материалы по содержанию золота в разнообразных по-



родах Уральского региона. В частности, в таблице 5 приведены содержания, характерные для пород нетрансформированных структурно-вещественных комплексов (Сазонов и др., 1993).

Таблица 5

Средние содержания золота в породах нетрансформированных структурно-вещественных комплексов Урала (в мг/т)

Породы, комплексы	Au
<b>Рифтогенные комплексы</b>	
углеродисто-глинистые сланцы черносланцевой формации	17,1
песчаники кварцевые и полевошпат-кварцевые	27,0
диабазы и габбро-диабазы	6,7
тоналиты, кварцевые диориты	6,3
<b>Стратифицированные ультрабазиты</b>	
аподунитовые серпентиниты	3,5
апогарцбургитовые серпентиниты	2,1
хромит-оливиновые породы	5,7
габбро	1,3
диабазы, пикрит-диабазы	5,0
ультрабазиты катаклазированные и рассланцованные	16,5
габбродиабазы	65,0
<b>Зональные ультрабазиты</b>	
дуниты, верлиты, оливиновые клинопироксениты (1)	2,4
магнетитовые пироксениты, оливиниты, верлиты (2)	2,3
амфиболизированные и плагиоклазовые пироксениты	31,3
метасоматиты по (1)	43,6
метасоматиты по (2)	114,6
Базальтоидные комплексы	4,1
Андезитоиды и андезитоидные комплексы	4,5
Гранитоиды тоналит-гранодиоритовой формации	6,4
Граниты гранитной формации	1,9

*Примечание:* по В.Н.Сазонову и др., 1993.

Средние содержания золота в вулканогенно-осадочных и интрузивных породах Магнитогорского мегасинклинория приведены в работе Д.Н.Салихова и П.Г.Бердникова (1985). На основании полученных материалов авторы делают вывод о систематически повышенных количествах Au в интрузивных породах, по сравнению с их эффузивными аналогами (табл. 6).

Известны и другие, довольно многочисленные попытки расчета средних содержаний золота в различных структурно-вещественных комплексах. В частности, Я.Э.Юдовичем с соавторами, после обработки и анализа большого количества материалов по геохимии черносланцевых отложений, приводятся граничные содержания золота, характеризующие степень их рудоносности (в мг/т): 3-20–геохимический фон; 20-35–аномалии; 35-50–сильные аномалии; 50 – рудогенные аномалии (Юдович и др., 1990).

Таблица 6

Средние содержания золота в породах  
Магнитогорского мегасинклиория (в мг/т)

Породы	Au
вулканыты основного состава	3,4
вулканыты среднего состава	2,2
вулканыты кислого состава	2,4
вулканогенно-осадочные породы	2,8
габбро	4,1
сиениты, диориты	3,6
граниты	2,1

*Примечание:* по Д.Н.Салихову, П.Г.Бердникову, 1985.

Значительным колебаниям подвержены содержания золота и в отдельных минералах. Как правило, в большинстве случаев, его количества в породообразующих и акцессорных минералах пород ультраосновного, основного и кислого составов составляют первые мг/т – первые десятки мг/т (табл. 7), что естественно усложняет расчет средних содержаний Au в любых разновидностях пород, за исключением руд, где золото наблюдается в самородном виде либо в другой форме, которая обусловлена реализацией конкретного механизма рудообразования при определенных физико-химических параметрах минералообразующих сред, о чем более подробно будет изложено ниже.

Таблица 7

Содержания золота (мг/т) в минералах из пород  
ультраосновного, основного и кислого составов  
(по И.Я.Некрасову, 1991)

Минерал	Порода	Au
оливин	дунит	0,63
оливин	гарцбургит	3,0-21,0
оливин	верлит	10,0
пироксен	пироксенит	0,85-1,27
плагиоклаз	пироксенит	3,12
магнетит	перидотит	1,57-16,0
ильменит	перидотит	0,44-0,67
оливин	базальты	4,25
моноклинный пироксен	базальт	5,87
титаномагнетит	базальт	6,34
плагиоклаз	базальт	5,25-7,24
плагиоклаз	габбро	3,2
магнетит	габбро	3,4
магнетит	базальт	2,8
сфен	габбро	9,3
апатит	габбро	4,1
роговая обманка	габбро	1,7
биотит	габбро	5,3
кварц	гранит	2,1-20,1
кварц	пегматит	54,8
кварц	кварцевый диорит	11,8
биотит	гранодиорит	7,6-287,3
биотит	гранит	1,9-27,0
биотит	кварцевый диорит	34,5
роговая обманка	гранодиорит	4,8-5,4
роговая обманка	гранит	1,9
роговая обманка	диорит	5,9-7,1
плагиоклаз	гранит	2,1-5,4
плагиоклаз	диорит	3,0
калиевый полевой шпат	гранит	2,7-55,0
калиевый полевой шпат	гранодиорит	57,0
микроклин	гранит	1,6
магнетит	гранит	3,7-19,5
сфен	гранит	3,5-24,0

В геологической истории развития Земли выделяются несколько эпох золотообразования, направленность развития которых выражается в усложнении условий локализации и увеличении разнообразия типов месторождений. В частности, анализ общей металлогении золота позволил С.Д.Шеру выделить пять металлогенических золотоносных эпох: архейскую, протерозойскую, палеозойскую, мезо-кайнозойскую и современную, для каждой из которых характерны свои преобладающие типы и условия локализации золоторудных месторождений (Шер, 1976). По его данным, поступление ювенильного золота, генетически связанное с эволюцией базальтоидной магмы, имело место преимущественно в архейскую и мезо-кайнозойскую эпохи, а для палеозойской эпохи ведущим являлось внутрикоровое перераспределение Au при процессах гранитообразования. Протерозойская и современная металлогенические эпохи характеризовались в основном концентрацией золота в экзогенных условиях.

Генетические особенности минералообразования в месторождениях золота чрезвычайно многообразны. Большая часть даже однотипных месторождений неоднородна, как по источникам и характеру рудообразующих растворов, так и по условиям минералообразования.

Подвижность золота в верхних горизонтах коры, главным образом, связана с миграцией водных растворов, причем наиболее реальными формами нахождения золота в гидротермальных растворах являются простые и смешанные многоядерные комплексы  $Au^{1+}$ : гидроксильные, гидроксохлоридные и гидросульфидные («Горная...», 1986). Кроме этого, в низкотемпературных гидротермальных условиях, а также в поверхностных водах возможна миграция и перераспределение Au в виде растворимых металлоорганических комплексов, среди которых наиболее распространенными являются фульватные и гуматные соединения. В гипергенных условиях миграция золота осуществляется в виде коллоидных растворов и механической взвеси.

Главным промышленным минералом золота на месторождениях различного генезиса является его самородная разновидность. К второстепенным относятся кюстелит (с содержанием Au 10-20%) и теллуриды: калаверит –  $AuTe_2$ , при содержаниях Au до 40-43%; креннерит –  $(Au, Ag)Te_2$ , при Au до 40%; сильванит –  $(Au, Ag)Te_4$ , при Au 25-27%; петцит –  $Ag_3AuTe_2$ , при Au до 25%. Значительно реже золото встречается в виде купроау-

рида ( $\text{AuCu}_2$ ), родита ( $\text{Au,Rh}$ ), порпечита ( $\text{Au,Pd}$ ), ауростибита ( $\text{AuSb}_2$ ), мальдонита ( $\text{Au}_2\text{Bi}$ ) и др.

## 2.2. Генетические типы месторождений

На сегодняшний день выделяют три основные генетические группы собственных месторождений золота – это эндогенная, экзогенная и метаморфическая. Кроме того, выделяются золото-содержащие руды, приуроченные к месторождениям меди, никеля, свинца и цинка, серебра, железа (железистые кварциты), марганца и др., в которых золото является попутным компонентом. Существует несколько классификаций золоторудных и золотосодержащих формаций, за основу при разработке которых авторы берут различные факторы.

К *эндогенной* группе относятся все месторождения, имеющие гидротермальную природу. Как правило, содержания золота в них очень изменчивы (от 2-3 до нескольких сотен г/т). Рудные тела, чаще всего, представлены разнообразными жилами, а также трубообразными выделениями прожилковых и штокверковых руд.

Преобладающими типами являются *золото-сульфидно-кварцевые руды* с изменчивыми содержаниями рудных минералов (от 1,5 до 20%). Кроме основного жильного минерала – кварца, в переменных количествах присутствуют карбонаты кальция и железа, барит, хлорит, серицит, турмалин и др. Рудные минералы чаще всего представлены пиритом и реже арсенопиритом. В подчиненных количествах встречаются пирротин, сульфиды и сульфосоли меди, свинца, цинка, висмута, серебра, оксиды железа и др. Средняя пробность золота колеблется в пределах 700-900.

*Золото-кварцевые* месторождения отличаются меньшим количеством рудных минералов и их ограниченным набором при резком преобладании сульфидов железа.

Среди этих типов выделяются близповерхностные и мало-глубинные *золото-серебряные* месторождения с высокими содержаниями серебра ( $\text{Au:Ag} = 1:20-500$ ). Они отличаются широким развитием халцедона, карбонатов, силикатов марганца, адуляра, диккита, изредка флюорита и барита. Рудные минералы представлены пиритом, марказитом, халькопиритом, галени-

том, аргентитом, сульфосолями серебра и его самородными формами, реже теллуридами Au, Ag, Bi и Pb. Золото развито преимущественно в виде электрума с пробностью 400-700 и кюстелита.

Существенно *сульфидные* (свыше 20-30% рудных минералов) золоторудные месторождения вкрапленного типа встречаются гораздо реже. Состав их сравнительно прост, преобладающими рудными минералами являются пирит и арсенопирит, а в подчиненном количестве присутствуют сульфиды (иногда и теллуриды) меди, свинца, цинка и висмута.

Группа *экзогенных* месторождений представлена в основном россыпями и, реже, зонами окисления золотосодержащих сульфидных объектов. В *россыпях*, представленных рыхлыми и слабосцементированными приповерхностными отложениями, золотые руды образуют рудные пласты, линзы, гнезда и струи, в которых золото присутствует в виде окатанных и полуокатанных зерен, чешуек, иногда сростков с кварцем в песчано-глинистом материале, содержащем валуны, гальку и/или щебень различных пород. Содержания золота в этих объектах колеблется от 100-150 мг/м<sup>3</sup> до десятков г/м<sup>3</sup> при пробности 800-950. В *зонах окисления* Au, как правило, концентрируется в нижних частях окисленных руд преимущественно в ассоциации с гидрооксидами железа и марганца, гипергенными минералами меди, мышьяка, серебра, карбонатами и каолинитом. Его содержания в среднем изменяются от 2-3 до 10 г/т.

К *метаморфической* группе месторождений относятся рудные тела, связанные с золотоносными конгломератами и гравелитами. Золото в виде отдельных зерен, изредка полуокатанных (реже в виде тонких секущих прожилков) со средними размерами от 5 до 100 мкм, заключено в кварц-серицит-хлоритовом цементе. Чаще всего оно встречается в ассоциации с оксидами и сульфидами железа и других металлов. Его содержание колеблется в пределах 3-20 г/т, а пробность составляет свыше 900.

И.Я.Некрасов, считающий, что в основу классификации золоторудных объектов должно быть положено выделение формаций по сообществам химических элементов, ассоциирующихся с золотом, подразделяет золоторудные месторождения на три крупных класса: магматогенный, гидротермальный и метаморфогенный. Причем эти классы подразделяются на рудные формации, каждая из которых, в свою очередь, подразделяется на минералого-геохимические типы (табл. 8).

Таблица 8

Минералого-геохимическая классификация  
золоторудных месторождений (по И.Я.Некрасову, 1991)

Класс месторождений	Рудная формация	Минеральный тип
Магматогенные	Хром-платиноидная	Хромитовый Титаномагнетитовый
	Медно-никелевая	Пирротин-пентландит-халькопиритовый Кубанит-моихукитовый
	Кремнеземистая	Халцедон-каолинит-кварцевый Адуляр-кварцевый Турмалин-кварцевый Карбонатно-кварцевый Барит-кварцевый Серпентинитовый
Гидротермальные	Кремнеземистая железистая	Кварц-уранинит-пиритовый Пирит-халькопиритовый (колчеданный) Арсенопирит-пирротиновый Магнетитовый (скарновый) Кварц-гематитовый
	Медно-молибденовая	Борнит-халькопиритовый Халькопирит-молибденитовый
	Редкометальная (олово-вольфрамовая)	Кварц-шеелит-вольфрамитовый Кварц-касситерит-сульфидный
	Полиметаллическая	Галенит-сфалеритовый Теллуридно-полисульфидный Джемсонит-буланжеритовый



Продолжение таблицы 8

Гидротер- мальные	Висмут-мышьяковая	Арсенопирит- леллингитовый Висмутин-арсенопи- ритовый
	Сурьмяная	Бертьерит-антимони- товый Сурьма-гудмундитовый
	Теллуридная	Теллуридный Селенидно-теллуридный
	Золото-серебряная	Кварц-адуляровый Кварц-родонит-родо- хрозитовый
	Золото-ртутная	Антимонит-киноварный Реальгар-киноварный
Метаморфоген- ные	Железисто- кремнеземистая	Кварц-гематит-магне- титовый Кварц-сидеритовый Кварц-гематит-турма- линовый
	Углеродистая (черно- сланцевая)	Кварц-углеродисто- сульфидный Углеродисто-урани- нитовый Углеродисто-фосфат- ный (куларитовый)

Несколько отличная классификация уже относительно давно разрабатывается в ЦНИГРИ. Согласно этой концепции, в качестве крупнейшего таксона формационной систематики золоторудных месторождений рассматривается семейство золоторудных формаций, продуцируемых единой рудно-энергетической системой (РЭС), в которую входят: тектоно-магматическая обстановка, соответствующая эндогенному режиму земной коры этапа рудообразования; предполагаемые источники золота; условия транзита и рудоотложения; связь оруденения с проявлениями магматизма, метаморфизма и регио-

нального метасоматоза; доля участия в рудообразовании экзогенных и эндогенных факторов (Фогельман, 1996).

Для фанерозоя и позднего докембрия выделяются три главных типа золотоносных РЭС: экзогенно-эндогенная, плутоногенная и вулканогенная. В ходе эволюции каждой РЭС происходит смена геолого-генетических моделей рудообразования и возникают различные их сочетания, что обуславливает обособление принадлежащих данному семейству золоторудных формаций.

*Экзогенно-эндогенная РЭС* развивается, начиная с процесса осадконакопления, в складчатых зонах миогеосинклиналей, перикратонных и авлакогенных прогибов и терригенных чехлов срединных массивов. С ней авторы связывают широко распространенные в углеродисто-терригенных («черносланцевых») комплексах месторождения золото-сульфидной формации и сопутствующее им в тех же терригенных толщах оруденение малосульфидной золото-кварцевой формации. Эти полигенные образования впервые были объединены В.М. Яновским под названием золото-углеродистой формации, а В.А. Буряком (1982) отнесены к метаморфогенно-метасоматическому типу золоторудных месторождений. Они характеризуются широким участием в рудообразовании процессов регенерации и ремобилизации синседиментационного рассеянного золота из рудовмещающих толщ под воздействием более поздних, эндогенных, энергетических импульсов.

*Плутоногенная РЭС* формируется в эпигеосинклинальных орогенах и областях орогенной активизации с развитием гранитоидного магматизма в базитовом субстрате. Господствующей является ассимиляционная модель рудообразования, для реализации которой необходимо наличие среди рудовмещающих и рудоподстилающих толщ донорных базит-гипербазитовых формаций, служащих главным источником золота.

*Вулканогенная РЭС* продуцирует близповерхностные золото-серебряные месторождения субаэральных вулканических поясов и континентальных рифтовых систем. В качестве наиболее характерной Н.А.Фогельманом (1996) предложена эксплозивно-водородная модель, подразумевающая существенно газовый перенос полезных компонентов из глубинных (мантийных) источников и разгрузку этих глубинных эманаций при их смешивании с вадозными водами палеоартезианских бассейнов.

В.А.Нарсеевым обосновывается выделение трех моделей рудообразования золота: эндогенная мантийная инверсионная, ортомагматическая коровая эволюционная и осадочно-метаморфическая синергетическая (Нарсеев, 1997).

*Эндогенная мантийная инверсионная* модель представляет минералообразование, связанное с истинно эндогенными глубинными потоками высоко восстановительных флюидов – водородного, метан-углеводородного, азотно-гелиевого составов. Углерод и металлы (золото, ртуть, платиноиды, сурьма и др.) в этих условиях переносятся в атомарной и галогенидной (фторидной) формах. На фоне инверсии флюида происходит образование концентрированной минерализации в случае малого вертикального интервала инверсии, в то время как при инверсии в динамическом потоке образуются широкие струи рассеянной минерализации. По мнению автора, зоны разломов с углеродистым, графитовым наполнением, золотом, платиноидами и различными интерметаллидами – наиболее простой случай минерализации данного типа.

*Ортомагматическая коровая эволюционная* модель подразумевает, что при эволюции магматогенных гидротермальных систем, золото в форме хлоридов и гидросульфидов ассоциируется со «стандартным» набором элементов – Cu, Pb, Zn, Ag, Te, As, Sb и Hg. При этом они образуют последовательные ряды минеральных ассоциаций, отвечающие выделенным В. Эммонсом.

*Осадочно-метаморфогенная синергетическая* модель предполагает образование широкой гаммы метастабильных форм золота – от хлоридов и гидроксидов до металлоорганических соединений типа карбонильных, цианидных, алкильных и других, более сложных. Сутью модели является многократное концентрирование первоначально высоких содержаний золота специфических осадков сапропелевого профиля при процессах диа-катагенеза, раннего метаморфизма и др. При этом главная роль принадлежит окислительно-восстановительной инверсии флюида, определяемой состоянием среды и РТ-параметрами системы.

Кроме этого, известны довольно многочисленные классификации золоторудных месторождений Уральского региона, среди которых наиболее полная была предложена В.Н. Сазоновым с соавторами (1993). Среди множества генетических и минеральных типов месторождений золота, образующихся на

различных стадиях развития Земли и приуроченных к разным палеотектоническим структурам, авторы выделяют:

- 1) тип собственно золоторудных формаций, в которые входят:
  - золото-порфировая;
  - золото-скарновая;
  - золото-хлограпитовая;
  - золото-сульфидная (зон рассланцевания);
  - золото-сульфидно-кварцевая;
  - золото-кварцевая;
  - золото-теллуридно-сульфидно-кварцевая.
- 2) золотосодержащие формации, объединяющие:
  - колчеданную;
  - колчеданно-полиметаллическую;
  - железо- и медно-скарновую;
  - медно-порфировую.

Золоторудно-метасоматические формации теми же авторами также подразделяются на собственно золоторудные и золотосодержащие. В состав первого типа входят: золото-хлограпитовая, золото-антигоритовая, золото-полиметаллически-березит-лиственитовая, золото-полиметаллически-серицитовая, золото-скарновая, золото-шеелит-скарновая, золото-порфирово-пропилитовая (кварц-серицитовая), золото-сульфидно-пропилитовая (кварц-серицитовая), золото-шеелит-кварцево-гумбеитовая, золото-сульфидно-кварцево-березит-лиственитовая, золото-кварцево-березит-лиственитовая, золото-сульфидно-реальгар-кварц-серицитовая, золото-полиметаллически-джеспероидная, золото-теллуридно-биотитовая (табашковая), золото-теллуридно-кварцево-серицитовая, золото-сульфидно-аргиллизитовая.

Золотосодержащие формации подразделяются на: колчеданно-кварцево-серицитовую, колчеданно-полиметаллически-кварцево-серицитовую, медно-порфирово-пропилитовую (кварц-серицитовую), магнетит-скарновую, халькопирит-магнетит-скарновую и халькопирит-кварц-кальцит-хлоритовую.

### 2.3. Технология обогащения руд и извлечения золота

Длительный период времени основными технологическими способами извлечения золота являлись промывка горных пород, а также процессы амальгамации, цианирования и хлоринации. Эти главнейшие способы извлечения золота из руд основаны на его нескольких важнейших физико-химических свойствах:

1) высокий удельный вес золота, благодаря которому оно легко освобождается от механической связи с частицами пород, что составляет сущность метода промывки;

2) высокая растворимость золота в ртути с образованием амальгамы, на чем основан процесс амальгамации, бывший в течение длительного периода времени единственным и главным способом извлечения золота из руд;

3) способность золота образовывать сплавы со свинцом, медью и сульфидами этих металлов, на чем основано его извлечение из золотосодержащих руд при медной и свинцовой плавке;

4) способность влажного золота давать с хлором хлорное золото, легко растворимое в воде, что используется в процессе хлоринации;

5) растворимость золота в разбавленных водных растворах цианистого калия и натрия, лежащая в основе процесса цианирования.

По степени обогатимости руды золота делятся на три типа: легкообогатимые, среднеобогатимые и упорные. К первому типу относятся золото-кварцевые, золото-сульфидные и золото-серебряные руды со свободным золотом, а также золотоносные коры химического выветривания и окисленные руды. К среднеобогатимым и упорным типам относятся остальные типы месторождений, причем степень их обогатимости во многом зависит от минеральной формы и размерности золота.

На сегодняшний день наиболее дешевым и экологически безопасным методом извлечения золота остается гравитационный, который не требует специальных реагентов, кроме воды. Однако чисто гравитационные схемы обогащения в настоящее время используются довольно редко. Вместе с тем, современные разработки, основанные на стадийном измельчении и гравитационном обогащении руды при помощи двух- или трехстадийной гравитации позволяют извлекать 88-95% золота и

серебра, и довольно успешно используются на ряде коренных месторождений Якутии и северо-востока России (Седельникова, 1996). Наличие большого количества мелких месторождений жильного типа с легкообогатимыми рудами и небольших россыпей привело к созданию модульных обогащательных установок, работа которых основана на гравитационно-флотационных принципах добычи золота. Такие комплексы с производительностью 100 т/сут рентабельны при отработке рудных объектов с запасами металла от 1 т и выше при содержаниях Au от 10 г/т и более и извлечении не менее 75-90%. При этом годовая добыча составляет 150-200 кг.

Наличие в золотосодержащих рудах сложных минеральных форм серебра, примесей теллура, селена, марганца, а также комплексный характер руд усложняют технологию их переработки. Наиболее распространенным способом добычи золота из таких руд является сорбционное цианирование с применением ионообменной смолы. В то же время за рубежом используется технология цианирования «уголь в пульпе». Каждая из этих разработок имеет свои достоинства и недостатки, в частности, к достоинствам последней можно отнести меньшую стоимость угля по сравнению со смолой, более простую технологию десорбции и отсутствие необходимости применения кислотостойкой аппаратуры. С другой стороны, уголь имеет меньшую по сравнению со смолой емкость при насыщении, а также сорбирует больше серебра, железа, меди и других металлов.

К середине 80-х годов XX века широкое распространение в мире, особенно в США, Канаде и Австралии, получила технология кучного выщелачивания. Низкая себестоимость переработки позволяет вовлекать в эксплуатацию бедные руды и техногенные отвалы с содержанием золота менее 1 г/т. Несмотря на высокую эффективность и распространенность, технология цианирования имеет существенный недостаток, связанный с высокой токсичностью растворителя золота. С целью его замены в мире ведется активный поиск малотоксичных растворителей (йод- и бромсодержащих, тиомочевина и др.), а также безреагентных экологически безопасных технологий извлечения золота.

Многокомпонентность золотосодержащих руд обуславливает необходимость применения довольно сложных технологических схем обогащения и переработки концентратов. В частности, при нахождении золота в выделениях микронной и субмикронной размерности в сульфидах цианирование малоэффектив-

но. В таком случае для «вскрытия» и извлечения тонкодисперсного золота применяют обжиг, автоклавное и биохимическое окисление с последующим цианированием в присутствии активированного угля. Причем, в последнее время многие зарубежные фирмы отдают предпочтение автоклавному и биохимическому выщелачиванию.

В России для переработки золотомышьяковых концентратов разработана биогидрометаллургическая технология, включающая цикл «бактериальное окисление – электрохимическая азрация – сорбционное цианирование», при которой достигается 92-98% извлечение золота.

В общем виде современная схема технологической переработки коренных золотосодержащих руд выглядит следующим образом:

1) добытая руда подвергается дроблению, грохочению, измельчению и классификации по крупности. Кроме этого, в схемы рудоподготовки иногда включают операции по предварительному обогащению и использованию ручной, фото- или рентгенорадиометрической сепарации;

2) обогащение золотосодержащих руд проводят с применением гравитационных, флотационных, пиро- и гидрометаллургических методов. Гравитационное обогащение применяют для извлечения свободного золота и золотосодержащих сульфидов. Обычно его проводят в начале технологической схемы обогащения перед цианированием или флотацией в одну или несколько стадий. В результате получают два товарных продукта: богатую (содержание Au от первых до десятков кг на тонну) золотую головку, пригодную к аффинажу, и гравитационный концентрат, пригодный к переработке на медеплавильных заводах. При электролитической обработке медных анодов золото и другие драгоценные металлы извлекаются на 95-97%;

3) при цианировании растворенное золото сорбируют из растворов или пульп на ионообменную смолу (сорбционное цианирование), активированный уголь («уголь в пульпе», «уголь в растворе») либо осаждают на цинковую (алюминивую) пыль или стружку. Насыщенные драгоценными металлами сорбенты подвергают десорбции с получением обогащенных растворов, из которых золото выделяют электрохимическим методом. Товарной продукцией предприятий, использующих технологию с цианированием, являются катодные осадки, сплав Доре, полученный в результате плавки катодных осадков, или цинковые

осадки. Цианирование бедных руд проводят не на фабрике, а на открытом воздухе методом орошения;

4) извлечение золота из упорных сульфидных концентратов проводят с использованием автоклавного, биохимического окисления или обжига с последующим цианированием.

Несмотря на большое количество золоторудных объектов, расположенных на территории Республики Башкортостан, ее золотодобывающая и золотоперерабатывающая промышленность развиты недостаточно, технологический процесс малопроизводителен, трудоемок и дорогостоящ, что ставит вопрос о необходимости ее реконструкции.

Но в целом же, золотосодержащие концентраты, получаемые на обогатительных фабриках Башкирии, поставляются на предприятия цветной металлургии Уральского региона для металлургического и электролизного переделов, а золотосодержащие сплавы, шламы и шлиховое золото поставляются на аффинажные заводы.



### Глава 3

## ТИПИЗАЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И ИХ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Золоторудные месторождения и рудопроявления, распространенные на территории Республики Башкортостан, принадлежат к нескольким генетическим типам, более детальная общая характеристика которых дана в предыдущей главе. Причем, существует несколько классификаций, незначительно различающихся между собой. Одна из них, систематизирующая разнообразные золоторудные объекты, была предложена в 1962 году В.А. Прокиным. Он выделяет три генетических типа месторождений – гидротермальный, остаточный и осадочный, каждый из которых в свою очередь подразделяется на рудные формации, а формации – на минеральные ассоциации (табл. 9).

П.Ф.Сопко (1977) предложил классификацию коренных золоторудных объектов Башкирии на рудноформационной основе, которая базируется на минералого-геохимическом составе руд наиболее распространенных промышленных типов месторождений золота. Им выделяются:

1) золото-колчеданная формация месторождений в вулканогенных породах, подразделяющаяся на золото-серноколчеданный, золото-медноколчеданный, золото-полиметаллический (золото-пирит-сфалерит-халькопиритовый и золото-пирит-сфалерит-галенитовый) и золото-баритовый минералого-геохимические типы;

2) формация золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд в вулканогенно-осадочных, метаморфических толщах и в интрузивных образованиях, в которой обособливаются золото-пиритовый, золото-полиметаллический (золото-сфалерит-галенитовый), золото-пирит-халькопиритовый и золото-арсенопиритовый минералого-геохимические типы;

3) формация жильных золото-кварцевых месторождений, включающая золото-пиритовый, золото-сфалерит-галенитовый, золото-халькопиритовый, золото-арсенопиритовый и золото-шешелитовый минералого-геохимические типы.

Таблица 9

Классификация генетических типов месторождений золота  
Башкирского Зауралья (по В.А.Прокину)

Генетич. типы	Рудные формации	Минеральные типы
Гидротермальный	золото-сульфидная	золото-арсенопиритовый, золото-пиритовый, золото-халькопирит-пиритовый, золото-сфалерит-галенитовый
	золото-полиметаллическая	золото-халькопирит-сфалеритовый, золото-сфалерит-галенитовый, золото-баритовый
	колчеданная золотосодержащая	халькопирит-сфалеритовый золотосодержащий, пиритовый золотосодержащий, халькопиритовый золотосодержащий
	золото-кварцевая	золото-арсенопирит-кварцевый, золото-пирит-кварцевый, золото-халькопирит-кварцевый, золото-галенит-кварцевый, золото-кварцевый
	золото-шеелитовая	золото-шеелитовый
	сульфидная медно-кобальтовая золотосодержащая	халькопирит-пирит-пирротиновый золотосодержащий
	неопределенная золотосодержащая	
Остаточный	подзоны окисления и выщелачивания	
Осадочный	золотоносные россыпи	четвертичные третичные
	золотоносные конгломераты	

Как известно, по геологическому строению Республика Башкортостан подразделяется на восточную (палеоокеаническую) и западную (палеоконтинентальную) мегазоны. Эти различия формировались на протяжении длительной истории развития региона.

В строении восточной мегазоны участвуют структурно-вещественные комплексы, входящие в состав океанических и островодужных формаций, в то время как в западной породы представлены преимущественно платформенными осадочными и магматическими (реже) формациями. Эти различия находят свое выражение и в распространенности золоторудных и золотосодержащих рудных формаций, наибольшее количество и разнообразие которых установлено в восточной мегазоне, где присутствуют практически все рудные формации и минеральные типы объектов, описанные выше. В западной мегазоне, среди всего разнообразия собственно золотых и золотосодержащих формаций, на сегодняшний день установлены золото-березитовый, золото-джаспероидный, золото-кварцевый и золото-кварц-сульфидный минералого-геохимические типы.

Широкое развитие в восточной мегазоне месторождений собственно золоторудных (золото-сульфидной, золото-кварцевой и золото-колчеданно-полиметаллической) и золотосодержащих колчеданных формаций обусловлено воздействием на субстрат более длительно и интенсивно проявленных процессов тектогенеза, магматизма и метаморфизма. В частности, закономерности локализации месторождений золото-колчеданно-полиметаллической формации заключаются в их связи с вулканическими постройками и сопровождающими их кислыми субвулканическими телами, а иногда и ассоциирующимися с ними гипабиссальными породами плагиогранитного ряда. Кроме этого, на размещение оруденения внутри непрерывных формаций оказывали решающее влияние структурные и динамические факторы, а также литологические неоднородности разрезом. Размещение собственно золоторудных месторождений в подавляющем большинстве случаев контролируется магматическими образованиями и структурными элементами позднего происхождения (Сопко, 1977).

В западной мегазоне большинство из известных проявлений золото-сульфидной и золото-кварцевой минерализации приурочены к терригенным породам, которые в большинстве случаев прорываются интрузивными телами основного состава.

Важнейшее значение в обеих мегазонах имеют крупные разломы, контролирующие размещение малых интрузий и даек, и в зонах пересечения которых более поздними секущими тектоническими нарушениями отчетливо локализуются рудные поля и локальные участки распространения месторождений и рудопроявлений золото-сульфидных и золото-кварцевых руд.

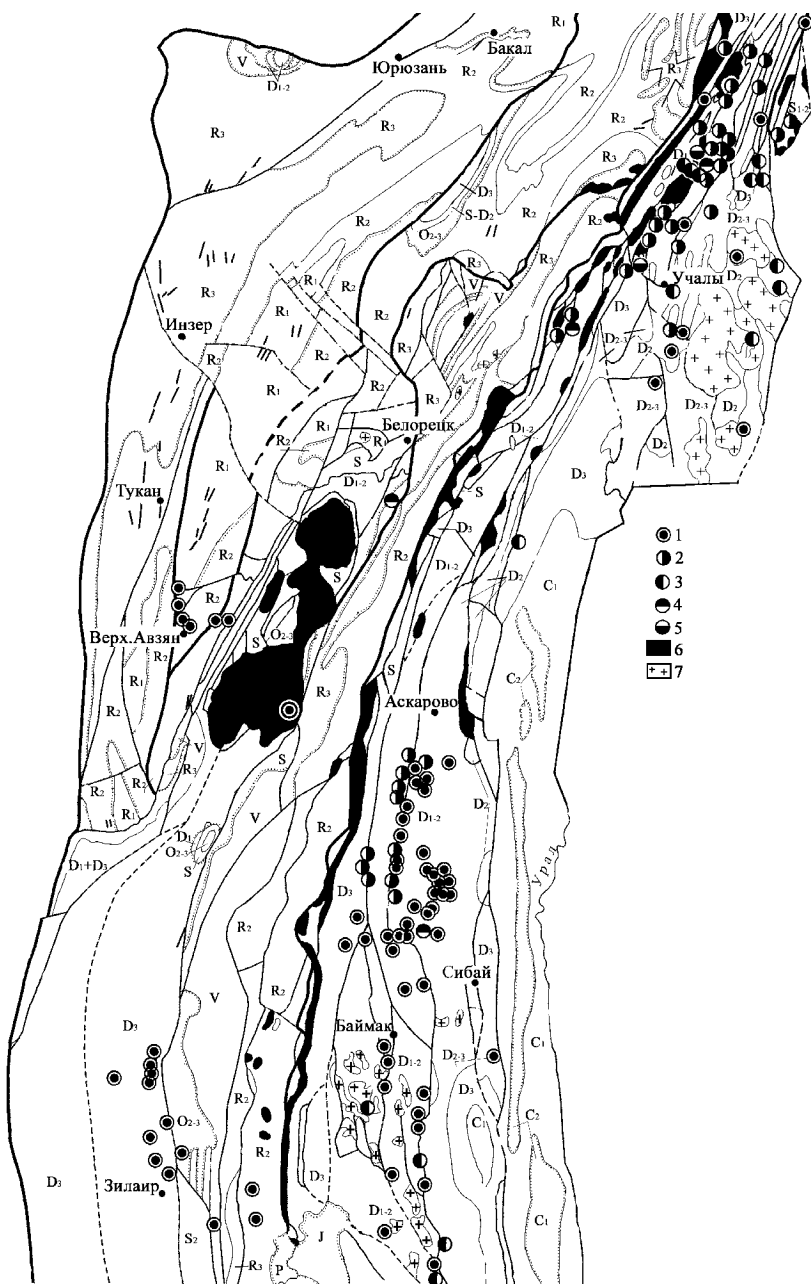
## Глава 4

# МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ

Оруденение золото-кварцевой формации наиболее широко распространено в Магнитогорском мегасинклинории и относительно слабо представлено в Зилаирском синклинории и в пределах Башкирского поднятия (рис. 1). Месторождения и рудопроявления данной формации залегают среди осадочных, вулканогенных, интрузивных и метаморфических пород. В подавляющем большинстве случаев они представлены золотоносными кварцевыми, кварц-карбонатными и реже кварц-альбитовыми жилами с преобладающим меридиональным и диагональным простираем. Многие месторождения и рудопроявления этой формации представлены сериями параллельных, веерообразных и взаимопересекающихся жил и прожилков. В жилах, в переменных количествах, практически всегда присутствуют сульфиды. Золото чаще всего встречается в самородном состоянии, а также в виде микровключений в сульфидах.

Среди месторождений золото-кварцевой формации, в зависимости от состава сульфидов и других сопутствующих минералов, сопровождающих золотое оруденение, выделяются золото-арсенопирит-кварцевый, золото-пирит-кварцевый, золото-халькопирит-кварцевый, золото-галенит-кварцевый и собственно золото-кварцевый минеральные типы.

Довольно часто месторождения и рудопроявления этой формации образуют рудные поля и площади, в пределах которых встречаются объекты, принадлежащие к другим формационным типам. Либо же отдельные месторождения и рудопроявления золото-кварцевой формации встречаются в виде единичных объектов среди месторождений другого формационного типа, что, на наш взгляд, обусловлено несовершенством моделей формационного расчленения этих объектов с одной стороны, и сложностью и многоплановостью процессов их генезиса с другой.



#### 4.1. Золото-арсенопирит-кварцевый минеральный тип

К этому минеральному типу относятся такие месторождения как Большой Каран, Камышакское и другие, расположенные в Учалинском районе Республики, а также серия мелких рудопроявлений.

**Месторождение Большой Каран** известно с 1896 года. Оно расположено в Учалинском районе в 1,7 км южнее с. Вознесенка и в свое время отрабатывалось небольшими карьерами и шахтами до глубины 20-35 м, причем за все время эксплуатации, согласно материалам В.А.Гаврилова, было извлечено около 36 кг золота при содержаниях, достигавших 500 г/т в первые годы разработки месторождения.

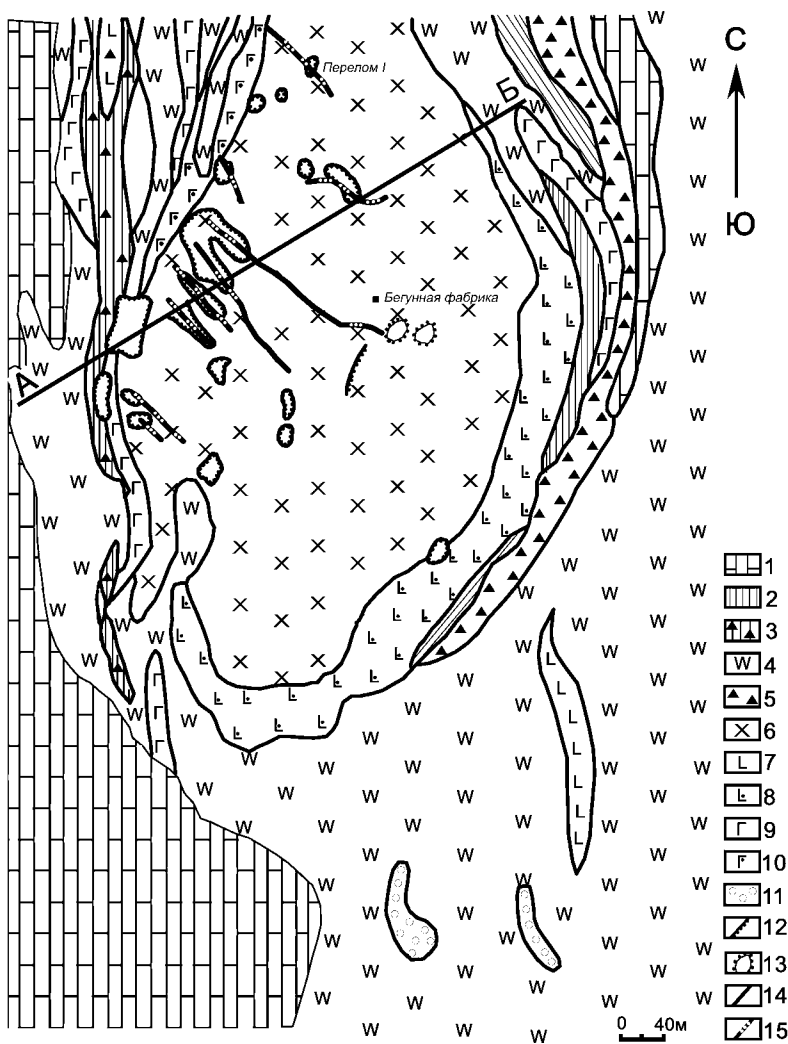
Оруденение приурочено к южной оконечности массива кварцевых диоритов, контактирующих с известняками и серпентинитами (рис. 2). Кварцевые диориты, вмещающие оруденение, представлены порфировидными, реже такситовыми разновидностими. В западной оконечности массива развиты дайки плагиогранитов и плагиоаплитов.

Месторождение представлено серией тонких, параллельных кварцевых и кварц-карбонатных жил небольшой мощности (0,2-0,5 м), приуроченных либо к контакту плагиогранитных даек, либо залегающих в самих дайках. Рудная зона северо-западного простирания с азимутом 290-300° является системой поперечных трещин и содержит свыше десяти золотоносных жил, протяженностью до 600-700 м. Падение жил субвертикальное и северо-восточное под углами около 75° (рис. 3).

---

**Рис. 1. Геологическая схема размещения рудных объектов золото-кварцевой формации в пределах Республики Башкортостан (по материалам С.Г. Варганова, с изменениями).**

Условные обозначения: 1-5-минеральные типы (1-золото-кварцевый, 2-золото-пирит-кварцевый, 3-золото-халькопирит-кварцевый, 4-золото-галенит-кварцевый, 5-золото-арсенопирит-кварцевый), 6-гипербазиты нерасчлененные, 7-граниты нерасчлененные.

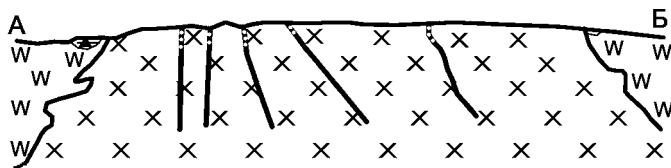


**Рис. 2. Геологическая схема месторождения Большой Каран (по материалам С.Г.Варганова, с упрощениями).**

Условные обозначения: 1-известняки, 2-кремнистые сланцы, 3-кремнистые туффы, 4-серпентиниты, 5-туфы плагиоклазовых порфиров, 6-кварцевые диориты, 7-диабазы, 8-амфиболиты, 9-габбро, 10-актинолитовые породы, 11-эпидот-хлорит-гранатовые породы, 12-горные выемки, 13-отвалы, 14-дайки плагиогранитов с золотоносным жильным кварцем, 15-то же со вкрапленностью золотоносного пирита.



В кварцевых жилах присутствуют пирит, арсенопирит, реже сфалерит, галенит и халькопирит. В центральных зонах жил, выполненных серым кварцем, арсенопирит преобладает над пиритом. Кроме этого, в жилах отмечены альбит и аксинит. Наиболее интенсивная минерализация наблюдается вблизи западного контакта диоритов с серпентинитами и на контактах даек плагиогранитов с диоритами.



**Рис. 3. Геологический разрез по линии А–Б месторождения Большой Каран (по материалам С.Г.Варганова).**  
Условные обозначения см. на рис. 2.

Золото встречается в жилах в ассоциации с арсенопиритом, цинковой обманкой, галенитом, халькопиритом, стибнитом и пиритом. Его содержания в жильной массе составляет от 2,7 до 90 г/т (среднее 7,8 г/т).

Вторичные изменения рудовмещающих пород выражаются в их эпидотизации, альбитизации и биотитизации. По данным П.В.Калинина содержания мышьяка в рудах месторождения достигают 10%.

**Рудопроявление Перелом I** расположено в 0,5 км к северу от месторождения Б.Каран (рис. 2). Рудопроявление представлено кварцевым прожилком северо-западного простирания, залегающим в диоритах и продолжающимся в серпентинитах. Вероятнее всего, это рудопроявление является продолжением рудной зоны месторождения Б.Каран.

**Рудопроявление Перелом II** представлено серией небольших кварцевых жил северо-восточного простирания, залегающих в зоне смятия, расположенной в диоритах. Это рудопроявление также, вероятнее всего, является продолжением единой рудной зоны, наиболее четко проявленной на месторождении Б.Каран.

**Сира-Турское месторождение (участок)** расположено в 1 км южнее перидотитового массива Нурали и приурочено к зоне Уралтауского регионального разлома, который здесь характеризуется относительно пологим залеганием (угол падения около 60°). Примыкающие с запада породы представлены переслаиванием слюдисто-графит-кварцевых, слюдисто-кварцевых и слюдисто-полевошпатовых сланцев мощностью до 60-80 м. Эта толща в структурном отношении приурочена к восточному крылу Уралтауского мегантиклинория.

В пределах месторождения установлена широтная синклиналь, осложненная системой складок высшего порядка, опрокинутых на запад. В сланцах наблюдается две системы трещин, по которым развиваются кварцевые жилы и прожилки. В восточной части месторождения развиты серпентиниты, разбитые сетью мелких трещин, по которым развиваются прожилки серпофита и волокнистого хризотила. Серпентиниты содержат вкрапленность пирита и секутся дайками пироксени-тов, мощностью до одного метра, имеющими северо-восточное (азимут 20°) простирание.

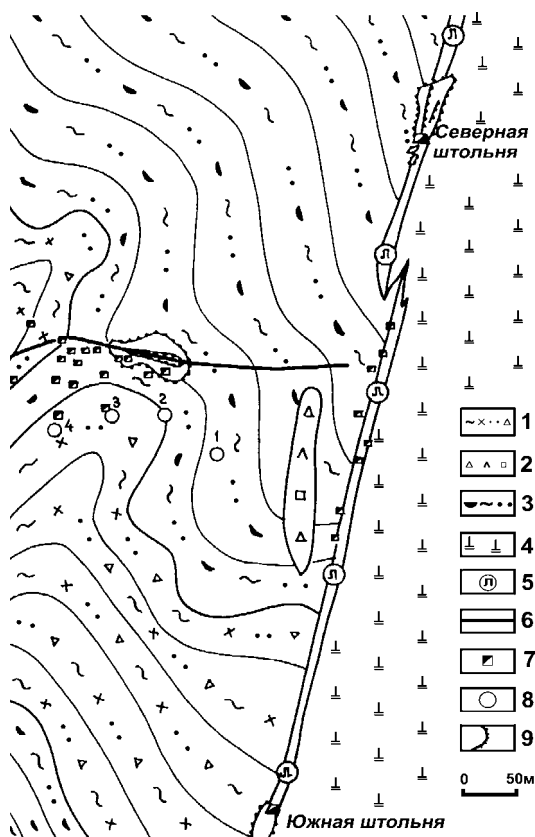
В настоящее время на Сира-Турском участке известно четыре месторождения: собственно **Сира-Турское (Меридиональная жила)**, **Мало-Сиратурское**, **Фельдшерское** и **Поперечная жила**.

Собственно **Сира-Турское месторождение** расположено в 3,5 км западнее с. Яльчигулово и приурочено к зоне Уралтауского разлома (рис. 4). Месторождение известно с 1880 года. Длительный период времени объект эксплуатировался старателями, а с 1929 по 1949 годы на нем, попутно с разработкой, проводилась разведка Поляковским прииском. Кроме этого, поисково-разведочные работы на месторождении проводились в период с 1967 по 1969 год.

Рудное тело, прослеженное по простиранию на 600 м, а по падению на 32 м, в районе месторождения представлено тектоническими брекчиями, лимонитизированными породами, листовитами и жильным кварцем молочно-белого цвета, сильно раздробленным, ноздреватым и имеющим большое количество небольших пустот, часто выполненных кристалликами горного хрусталя либо кальцитом.

Породы разбиты трещинами широтного и меридионального простираний, рассланцованы и милонитизированы. Рудные тела не выдержаны по падению и мощности, а их переходы во вмещающие породы постепенные. При этом контуры рудных тел

определяются только опробованием. Собственно рудами являются измененные и минерализованные сланцы, пронизанные беспорядочно ветвящимися и быстро выклинивающимися прожилками карбонат-кварцевого и кварц-альбитового состава. Их длина составляет 10-15 м при мощности 0,2-0,3 м.



**Рис. 4. Геологическая схема Сира-Турского месторождения (по материалам А.Л.Чернова).**

Условные обозначения: 1-серицит-хлорит-кварц-альбитовые сланцы, 2-актинолитовые, эпидот-актинолит-полевошпатовые сланцы, 3-графит-серицит-кварцевые сланцы, 4-серпентиниты, 5-листвениты и листвени-топодобные породы, 6-месторождение «Поперечная жила», 7-шурфы, 8-скважины, 9-карьеры.

В усредненном химическом составе руд, по материалам А.Л.Чернова, присутствуют:  $\text{SiO}_2$ -75,8%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -7,54%;  $\text{CaO}$ -3,53%;  $\text{MgO}$ -1,84%;  $\text{Fe}_{\text{сум.}}$ -4,52%;  $\text{S}_{\text{общ.}}$ -0,27%. К характерной особенности месторождения относится довольно высокое содержание мышьяка, достигающее максимальных значений 0,3%. Зона окисления на месторождении прослежена до глубины 5-10 м, а по трещинам – до 70-80 м.

Основными рудными минералами являются арсенопирит, пирит и золото. Кроме них установлены: халькопирит, сфалерит, пирротин, галенит, блеклая руда, ковеллин, халькозин, лепидокрокит, гидрогетит, мельниковит, гетит и борнит.

Пирит наблюдается преимущественно в виде отдельных кристаллов и зернистых агрегатов, в которых иногда фиксируются жилкообразные выделения халькопирита и сфалерита. Последние, кроме этого, встречаются в нерудной массе породы и среди агрегатов арсенопирита в виде образований различной формы и размерности.

Арсенопирит представлен тонкораспыленными мелкими зернистыми и игольчатыми кристалликами и их сростками с размерами отдельных выделений до 0,08 мм. Довольно часто в нем наблюдаются вростки халькопирита, сфалерита, пирротина и золота. Пирротин содержится в небольших количествах и представлен кристалликами таблитчатой формы с размерами 0,07-0,1 мм.

Золото встречается довольно часто. Оно имеет размеры до 0,02 мм и образует сростки с пиритом и халькопиритом среди арсенопирита. Распределение золота в пределах месторождения крайне неравномерное, «кустовое». При его средних содержаниях по месторождению – 6,6 г/т, в рудных столбах его количество достигает 20-25 г/т.

Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, доломитом, брейнеритом и серицитом.

По материалам С.Г.Варганова, повышенные содержания золота были приурочены к лимонитизированным породам, прожилкам и линзам кварца и, реже, к листовенитам. В зонах расланцевания Au отмечалось в виде отдельных кустовых скоплений, где его содержания достигали 91 г/т. По данным того же автора, за все время эксплуатации на месторождении было добыто 101,3 кг золота.

**Субширотное рудное тело (Поперечная жила)** приурочено к субширотному разрыву, оперяющему Уралтауский разлом и прослежено по простиранию на 250 м при крутом юго-восточном падении, мощности от 0,5 до 2,2 м и размерам по падению до 65 м (рис. 4).

Форма рудного тела и его основные параметры близки к выше описанному собственно Сира-Турскому месторождению.

Простираание рудоносных кварцевых жил северо-восточное (75°) и северо-западное (310°). Падение их изменяется с юго-восточного на юго-западное под углами 45-60°.

**Мало-Сиратурское рудопроявление** приурочено к охарактеризованной выше тектонической зоне, представленной рассланцованными листовенитами с кварцевыми прожилками, в которых присутствует вкрапленность сульфидов в ассоциации с золотом.

**Фельдшерское месторождение**, как уже отмечалось выше, входит в Сира-Турскую рудную зону. В целом объект аналогичен описанным выше. По материалам С.Г.Варганова на объекте за все время его эксплуатации старателями было добыто 23,7 кг золота.

**Камышакское месторождение**, расположенное в Учалинском районе Республики, представлено кварцевой жилой, залегающей среди серпентинитов и роговообманковых сланцев, которые вблизи контакта сильно сульфидизированы. С поверхности месторождение выработано старателями. За все время эксплуатации было добыто 0,4 кг золота. Простираание кварцевой жилы, являющейся рудным телом, северо-восточное с падением на юго-восток под углом 56°. Мощность ее достигает одного метра. В минеральный состав руд входят кварц, пирит, арсенопирит и альбит. По материалам С.Г.Варганова, золото в породах месторождения ассоциируется с пиритом, а его содержания в среднем составляют 0,3 г/т.

## 4.2. Золото-пирит-кварцевый тип

Месторождения и рудопроявления этого минерального типа довольно многочисленны и широко распространены в пределах Республики. На сегодняшний день в Учалинском районе известны месторождения и рудопроявления: Андрей-Ивановское, Варваринская жила, Воскресенское, Гановское, Константиновское, Ново-Александровское, Октябрьское, Балбукское, Барсучий Лог, Гафаровское, Картаполовское, Кзыл-Таш, Курманкульское, Маяк, Николаевская жила I и II, Рытовское, Рябковские горки, Таракановское, Трудовое, Туз-Куйганское, Уразовское, Успенское, Шабалинское, Шариповское.

В Баймакском районе Республики объекты этого минерального типа также довольно многочисленны. К ним относятся следующие месторождения и рудопроявления: Будаи-Тау, Ишбердинское, Аюка, Леонид-Тау, Магариф-Тюбе, Мало-Ярлыкаповское, Мунсик-Тау, Хусаиновское (Улу-Тау), Шилкан-Тау и другие.

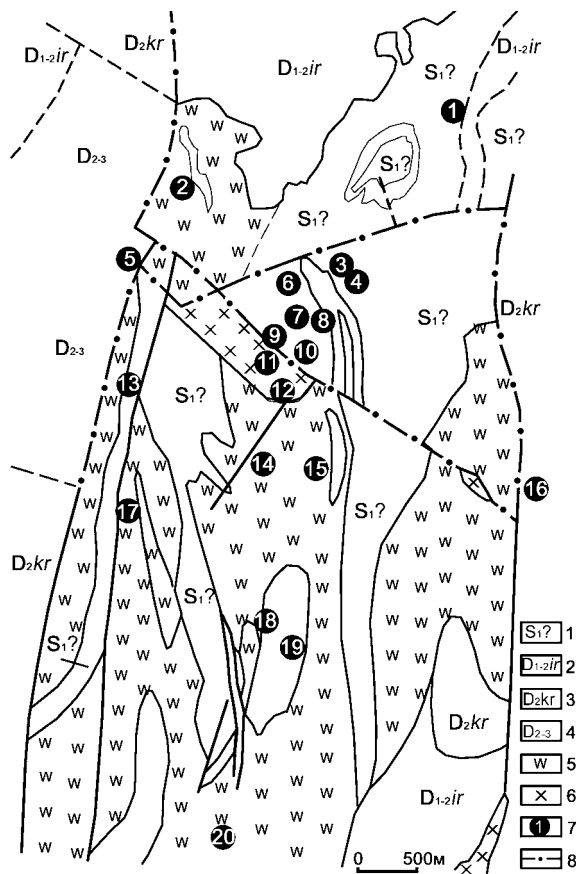
Пространственное расположение отдельных объектов золото-кварцевой формации изображено на рис. 5.

**Месторождение Будаи-Тау** имеет субширотное простирание с азимутом падения рудного тела на юго-запад  $190^\circ$ , под углом  $50^\circ$ . Объект прослежен на расстоянии 150 м, при мощности от 2 до 5 м. Согласно данным Д.А.Смирнова, оруденение генетически связано с дайками диоритового состава. Золото ассоциируется с пиритом, а его содержания в среднем составляют 5,6 г/т.

За всю историю эксплуатации, по данным С.Г.Варганова, на месторождении было добыто около 50 кг золота.

**Рудопроявление Туз-Куйганское** приурочено к кварцевым жилам, залегающим в карбонатизированных и окварцованных туфопесчаниках. Рудная минерализация представлена пиритом, часто измененным до полных псевдоморфоз по нему.

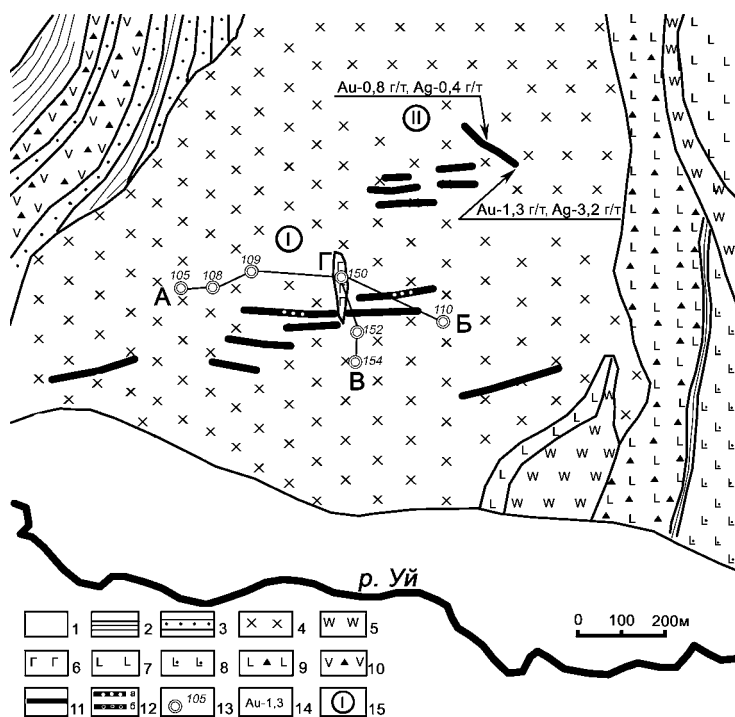
Содержание золота в рудных телах, согласно материалам С.Г.Варганова, колеблется от 0,2 до 1,7 г/т, при количествах серебра, равных 0,8-1,2 г/т. На глубине 114 м во вмещающих породах фиксируются также повышенные (до 0,6 г/т) содержания золота.



**Рис. 5. Схематическая геологическая карта Буйдинского участка и расположение месторождений и рудопроявлений золото-кварцевой формации (по И.Б. Серавкину и др., 2001).**

Условные обозначения: 1-нижнесилюрийский (?) кремнисто-диабаз-габбродиабазовый комплекс, 2-ирендыкская свита, 3-карамалыташская свита, 4-улутауская свита, 5-ультрабазит-габбровый полосчатый комплекс (ультрабазиты и чередующиеся с ними габброиды, серпентиниты), 6-интрузивные породы (диориты и габбро-диориты), 7-месторождения и рудопроявления золота (1-Язареевское, 2-Казак, 3-Асфандияровское, 4-Ново-Тимофеевская жила, 5-Старо-Тимофеевская жила, 6-участок шахт Радько-Ражнова, 7-Тимофеевская жила, 8-участок старых шахт Прибылева, 9-участок Ураган, 10-Мариинская жила, 11-жила №42, 12-Александровское, 13-Октябрьское, 14-Ново-Жураковское, 15-Пик-тау, 16-Пучковское, 17-Ганеевское, 18-Воронцовское, 19-Старо-Жураковское, 20-Ленинская жила), 8-тектонические нарушения.

**Месторождение Варваринская жила** приурочено к центральной части Балбукского сиенитового массива (рис. 6), на севере и западе породы которого прорывают отложения колтубанской свиты, а на востоке, в зоне Малокумачинского разлома, контактируют с серпентинитами и базальтами поляковской свиты. В пределах массива В.А.Гавриловым была установлена обширная комплексная геохимическая аномалия (Au-1 г/т; Ag-7 г/т; Cu-0,1%; Zn-0,03%, Ba-0,5%, Mo-0,003%, W-0,003%).

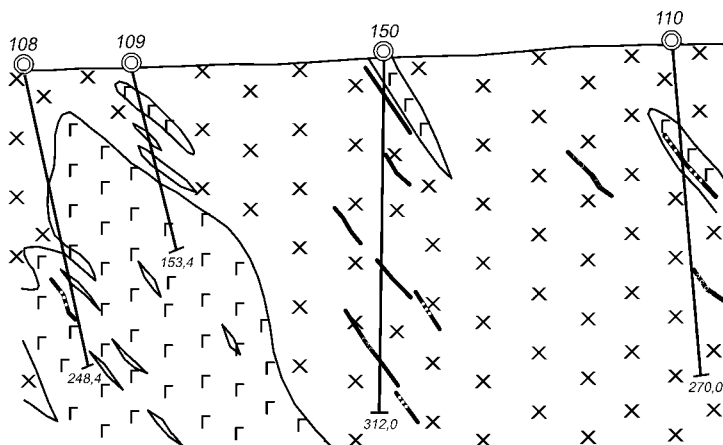


**Рис. 6. Геологическая схема участков месторождения Варваринская жила и Балбукского рудопроявления (по материалам В.А.Гаврилова, с упрощениями).**

**Условные обозначения:** 1-четвертичные отложения, 2-кремнистые сланцы, 3-туфопесчаники, 4-сиенит-порфиры, 5-серпентиниты, 6-габбро, 7-афировые базальты, 8-миндалекаменные базальты, 9-туфы базальтов, 10-туфы андезитов, 11-кварцевые жилы, 12-а-кварц-карбонатные жилы, 13-кварц-эпидотовые жилы, 14-скважины и их номера, 15-содержания золота и серебра, определенные В.А.Гавриловым, 16-месторождения и рудопроявления (I-Варваринская жила, II-Балбукское).



Месторождение представлено несколькими кварцевыми жилами (Варваринская длиной до 400 м, Алексеевская – до 80 м, Сафейская – около 40 м, Сажавкина – до 80 м) запад-северо-западного простирания (азимут 290-300°) с падением на северо-восток под углами 35-45° (рис. 7).



**Рис. 7. Геологический разрез по линии А–Б месторождения Варваринская жила (по материалам В.А.Гаврилова).**  
Условные обозначения см. на рис. 6.

Мощность жил достигает 5 м, причем очень часто они либо распадаются на серию мелких прожилков мощностью до 2-10 см, либо принимают вид гнездообразных выделений кварца.

Рудные минералы в основном представлены пиритом. В меньших количествах присутствуют халькопирит и галенит.

Объект разрабатывался довольно значительный период времени. По материалам В.А.Гаврилова из отдельных жил месторождения было добыто следующее количество золота: Варваринская – 140 кг; Алексеевская – 157 кг; Сафейская – 4 кг.

Опробование рудовмещающих пород и руд месторождения, проведенное в последнее время (см. табл. 10), показало, что перспективы этого объекта могут считаться довольно значительными и представлять интерес для возобновления эксплуатационных работ. Причем максимальные содержания золота (2,6 и 5,1 г/т) были установлены в хлорит-кварц-карбонатных породах с заметной вкрапленностью пирита.

Таблица 10

Содержания благородных металлов в породах и рудах  
месторождения Варваринская жила (в г/т)

№ скважин	Интервал (м)	Au	Ag
1515	334,7-337,2	1,0	сл.
	337,2-343,8	2,6	1,2
	343,8-350,2	0,62	сл.
	350,2-352,1	5,1	2,3
	352,1-355,1	0,9	0,1
150	166,2-168,3	0,7	1,1

*Примечание:* по материалам В.А.Гаврилова.

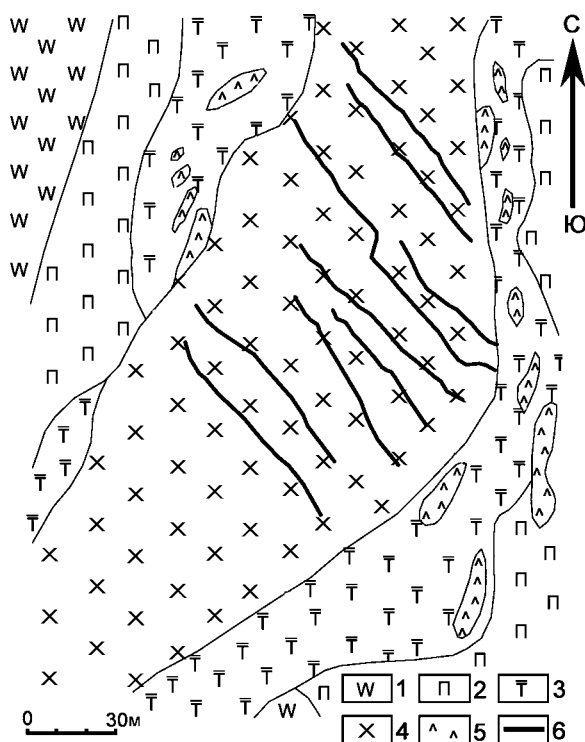
**Балбукское рудопроявление** расположено северо-восточнее месторождения Варваринская жила (рис. 6) в пределах того же Балбукского массива. Объект представляет собой серию кварцевых жил с северо-восточным падением под углами 45-55°. Мощность жил достигает 0,2 м.

В процессе разработки рудопроявления было установлено, что кроме кварца, золотоносной являлась примазковая жильная масса с вкрапленностью пирита и халькопирита, в которой содержание меди достигало 2,7%. Вмещающие сиениты в таких зонах интенсивно березитизированы. За время эксплуатации, согласно материалам В.А. Гаврилова, на объекте было добыто 0,8 кг золота при средних содержаниях – 3,5 г/т.

**Воскресенское месторождение** расположено в 3 км северо-восточнее д. Мансурово в Учалинском районе Республики. Объект был открыт старателями при разработке россыпи и эксплуатировался с 1927 по 1949 год с применением подземных выработок до глубины 25 м, а его первое детальное описание дал Н.И.Бородаевский в 1933 году.

Месторождение приурочено к массиву березитизированных плагิโอгранитов, который залегает среди серпентинитов, прорванных дайками пироксенитов (рис. 8). Пироксениты и серпентиниты на контактах сильно изменены и превращены в хлорит-тальковые и тальк-карбонатные породы, содержащие линзы литвинитов. Контакты серпентинитов с плагิโอгранитами резкие, с вертикальным падением, причем последние подверглись значительной березитизации.

Золото на месторождении связано с березитизированными плагиогранитами и кварцевыми жилами, секущими этот массив в северо-западном направлении. Жилы имеют мощность от 0,05 до 0,3 м при длине от 10 до 60 м (азимут падения 40-50°, угол – 50-80°). Слагающий их кварц содержит многочисленные пустотки, в которых часто присутствует серебристо-белая слюда (мусковит?), а также пирит, вкрапленники которого имеют кубический габитус. При этом наблюдается обогащение рудными минералами зальбандов жил.

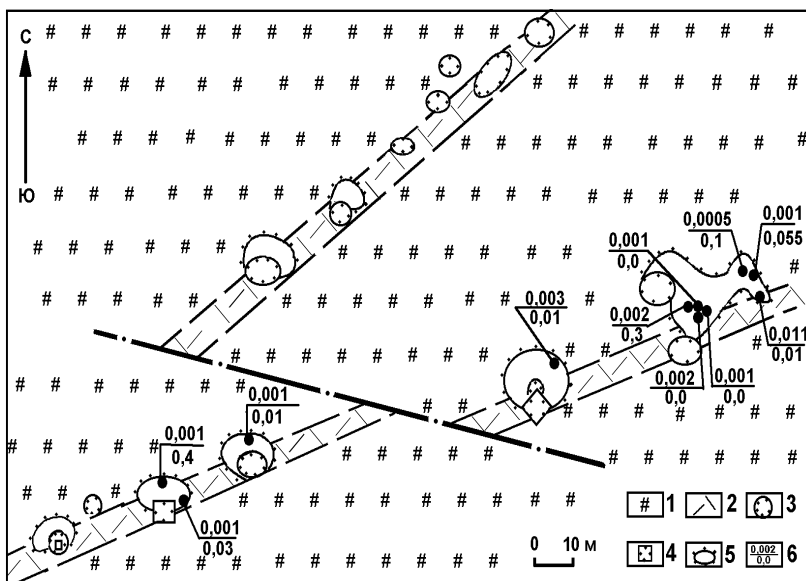


**Рис. 8. Геологическая схема Воскресенского месторождения (по материалам С.Г.Варганова, с упрощениями).**

Условные обозначения: 1-серпентиниты, 2-пироксениты, 3-тальк-хлоритовые и тальк-карбонатные породы, 4-березитизированные плагиограниты, 5-листвениты, 6-кварцевые жилы.

Видимое золото встречается в виде неправильных выделений на поверхности пирита. Его содержание в березитизированных плагиогранитах составляет около одного г/т, а в кварцевых жилах до 5,3 г/т. За время эксплуатации с 1926 года, согласно С.Г.Варганову, на месторождении было добыто 15 кг золота.

**Константиновское месторождение**, расположенное в пределах одноименной интрузии, находится в 3 км юго-восточнее оз.Ауш-Куль. Объект представляет собой зону пиритизированных пород поляковской свиты, расположенную в экзоконтакте граносиенитов, средние содержания золота в которых составляют 0,01 г/т (рис. 9).



**Рис. 9. Геологическая схема Константиновского золоторудного месторождения (по материалам Е.А. Шумихина).**

Условные обозначения: 1-метаморфизованные вулканогенные породы, 2-оруденелые тектонические зоны, 3-шурфы, 4-шахты, 5-отвалы, 6-содержания платины (числитель) и золота (знаменатель).

Объектом разработки в прошлом являлись кварцевые жилы, залегающие среди пиритизированных, окварцованных и серицитизированных пород, которые приурочены к двум субпараллельным

зонам брекчирования, вытянутым на северо-восток. Самая крупная жила – «Компанейская» была прослежена на 300 м при мощности до 1,5 м с азимутом падения  $125^\circ$  и углом падения –  $75-80^\circ$ . Содержание золота в ней составляло в среднем 22 г/т. Во второй жиле протяженностью около 200 м, приуроченной к контакту диоритов с туфосланцами, средние содержания Au повышались до 30 г/т.

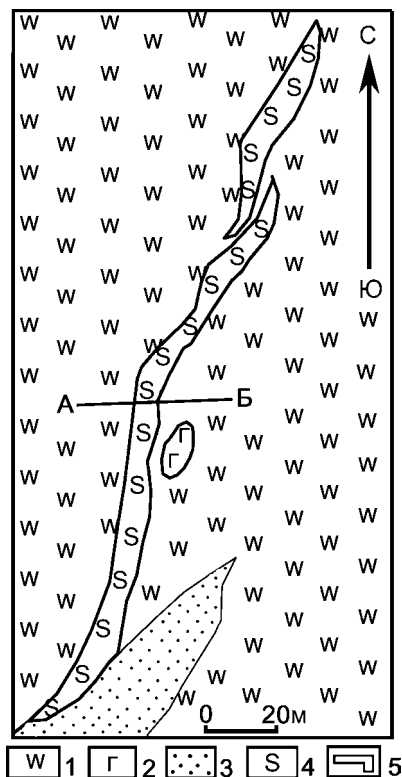
Рудовмещающие породы на месторождении представлены хлоритизированными эффузивами основного состава. Исследованиями Е.А.Шумихина было установлено, что в диоритах, их субщелочных разновидностях и сиенитах содержатся повышенные количества платины (от 0,002 до 0,01 г/т).

Согласно материалам С.Г.Варганова, за все время эксплуатации на месторождении было добыто 38 кг золота.

**Рис. 10. Геологическая схема Ново-Александровского золоторудного месторождения (по материалам С.А.Ткачева).**

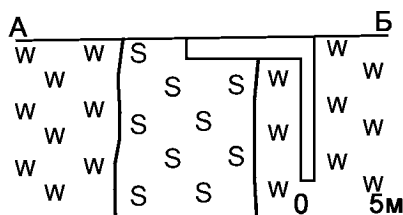
Условные обозначения: 1-серпентиниты, 2-габбро, 3-алювиальные отложения, 4-золото-кварц-карбонатная порода, 5-горные выработки.

**Ново-Александровское месторождение** расположено в 2,5 км южнее д. Калканово и в 13 км западнее г. Учалы. Месторождение было открыто в 1947 году, разведывалось и эксплуатировалось с 1947 по 1956 год. За время разведки и эксплуатации на объекте было пройдено 12 профилей вкрест простирания рудного тела, состоящих из 36 канав глубиной 1,5-2,1 м, 3 шурфов с расчечками глубиной до 10 м и одной дудки.



Месторождение приурочено к рассланцованной зоне, расположенной на контакте серпентинитов и известняков (рис. 10). Рудное тело линзовидной формы сложено кварц-карбонатными породами с гранатом и слюдой. Оно прослежено на расстоянии до 300 м и на глубину до 10 м. Азимут падения рудного тела равен  $100^\circ$ , угол падения –  $75^\circ$  (рис. 11). Мощность его в раздуве составляет около 4 м. Рудные минералы, кроме основного – пирита, представлены халькопиритом и, гораздо реже гидрогематитом, гематитом и хромитом.

**Рис. 11. Геологический разрез по линии А–Б Ново-Александровского золоторудного месторождения (по материалам С.А.Ткачева). Условные обозначения см. на рис. 10.**



По данным, полученным в результате ранних разработок, золото на объекте присутствовало в свободной форме в ассоциации с пиритом. На дневной поверхности его содержание в руде составляло около 1 г/т, а на глубине 10 м повышалось до 10 г/т.

По более поздним материалам С.А.Ткачева средние содержания золота на месторождении составляли 1,04 г/т; на глубине 8-10 метров они повышались до 8-10 г/т, достигая в единичных пробах количеств 30-60 г/т.

**Рудопроявление Рябовские Горки** расположено в 2 км северо-восточнее с. Поляковка в Учалинском районе Республики Башкортостан. Оно, также как и *рудопроявление Успенское*, приурочено к приконтактной зоне Балбукского сиенитового массива с базальтами поляковской свиты, которая расположена на правом берегу р. Уй (рис. 12).

Объект был открыт старателями в 1925 году и эксплуатировался в 1930-1940 годах. В 1930-1933 годах рудопроявление разведывалось П.Н.Бокаревым, а в 1942 году С.М.Алексеевым. Последние поисковые работы на рудопроявлении были проведены в 1984 году М.В.Смирновым. Всего на этом этапе работ на рудопроявлении было пройдено 4 шурфа глубиной до 10-13 м с кварц-шлагами на восток и запад, и 10 канав.

В конце 90-х годов В.А.Гавриловым проведено доизучение объекта, при котором было пробурено 15 скважин глубиной от 96,1 до 415,3 м. В результате проведенных работ было установлено, что рудоносная зона имеет северо-восточное простирание по азимуту 40-50° и относительно крутое юго-восточное падение под углами 75-85° (рис. 13). Протяженность зоны по простиранию составляет 600 м при мощности около 50-60 м.

Рудные тела линзообразной формы залегают в измененных и рассланцованных сиенитах и кварц-карбонат-хлоритовых метасоматитах по базальтам. Золотоносными на рудопроявлениях являются кварцевые, карбонат-кварцевые прожилки и пиритизированные метасоматиты, мощность которых составляет от первых см до 5 м, а сами руды имеют прожилково-вкрапленную текстуру. В пределах рудной зоны отмечаются две системы рудоносных прожилков:

- 1) субсогласные с простиранием пород;
- 2) расположенные вкрест простирания пород.

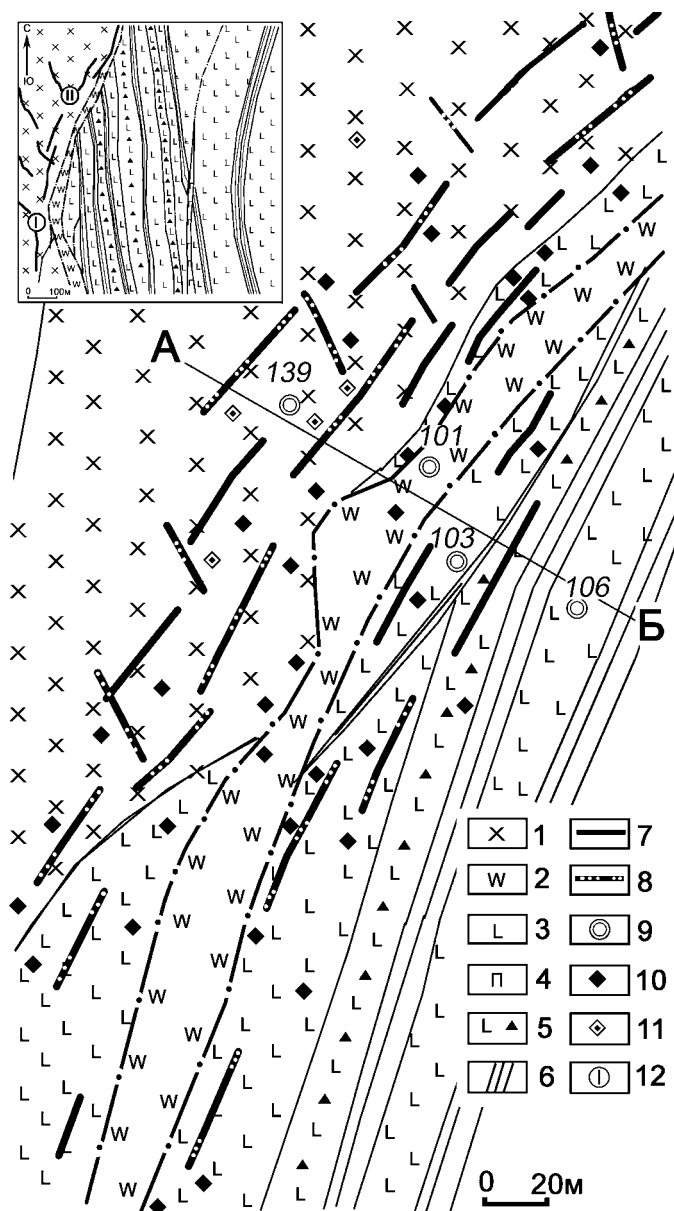
Как правило последние имеют незначительную длину (от 0,5 до 2,0 м) и часто образуют кулисы как по простиранию, так и по падению.

Изучение минералогии прожилков показало, что в них присутствуют такие рудные минералы как галенит, пирит, халькопирит и видимое самородное золото. Кроме этого Au присутствует в пирите в виде тонкодисперсного «распыленного» материала.

Форма отдельных золотинок, которые были выделены из рудного концентрата, неправильная, редко «провоолокообразная» и «червеобразная». Довольно часто встречаются изометрично-неправильные и комковато-округлые минеральные выделения, чаще всего приуроченные к отдельным кристаллам или кристаллическизернистым массам пирита.

Общее содержания золота в рудах и рудовмещающих породах подвержено значительным колебаниям. В частности, по материалам А.Л.Чернова, его содержания изменяются в пределах от 2,2 до 10,8 г/т (при средних значениях – 2,76 г/т), а по сведениям Н.П.Бокарева, С.М.Алексеева и А.И. Новицкого средние содержания золота в руде составляют 5,5-6,0 г/т.

Результаты проведенного опробования керна скважин приведены в таблице 11.





Нами, при проведении исследований, были определены не только содержания золота в отдельных разновидностях пород рудопроявления Рябковские горки, но и металлов платиновой группы (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001) Полученные результаты приведены в таблице 12.

Таблица 11

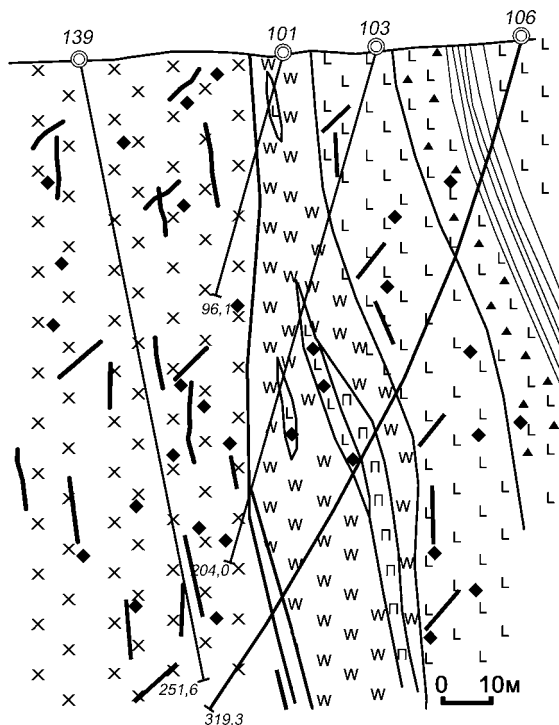
Содержания благородных металлов (в г/т)  
по разрезу рудопроявления Рябковские горки

№ скв.	Интервал (м)	Au	Ag
139	25,0-27,0	0,6	1,7
	38,8-40,0	0,6	1,8
	45,8-47,0	0,5	1,7
	55,4-68,0	0,9	1,8
	71,0-73,0	0,7	2,2
	86,0-87,0	0,8	1,3
	96,4-98,6	0,9	1,7
101	34,0-36,0	2,4	5,0
	37,0-39,9	0,75	5,0
	78,2-89,1	1,0	1,4
	90,4-92,1	1,0	5,0
	92,1-94,6	3,84	5,0
106	231,0-232,7	1,0	5,0
	292,1-292,8	1,2	5,0
103	176,0-177,0	5,4	1,1

*Примечание:* по материалам В.А.Гаврилова.

**Рис. 12. Геологическая схема рудопроявления Рябковские горки и общее геологическое строение рудоносной зоны (на врезке) (по материалам В.А.Гаврилова, с упрощениями).**

*Условные обозначения:* 1-сиениты Балбукского массива, 2-серпентиниты, 3-афировые базальты, 4-пироксениты, 5-туфы базальтов, гиалокластиты, 6-кремнистые сланцы, 7-кварцевые жилы, 8- кварц-карбонатные жилы, 9-скважины и их номера, 10-пиритовая минерализация, 11-халькопиритовая минерализация, 12-рудопроявления (на врезке): I-Рябковские горки, II-Успенское.



**Рис. 13. Геологический разрез по линии А–Б рудопроявления Рябковские горы (по материалам В.А.Гаврилова).**  
Условные обозначения см на рис. 12.

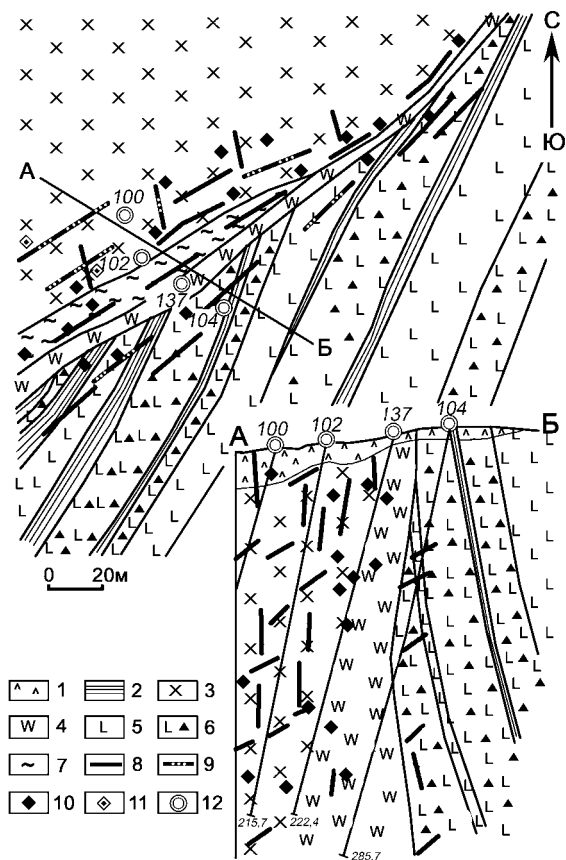
Таблица 12

Содержания золота и платиноидов (в г/т) в породах  
рудопроявления Рябковские горы

Тип пород	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Диабазы с сульфидной вкрапленностью	0,11	0,05	0,0	0,0	0,0	0,17
	0,09	0,06	0,0	0,0	0,0	0,15
	0,14	0,12	0,0	0,0	0,0	-
Диабазы калишпатизированные	0,16	0,05	0,0	0,0	0,0	0,33

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г. Уфа), ИГЕМ (г. Москва), ИЯФ (г. Ташкент) (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Рудопроявление Успенское**, как уже отмечалось выше, приурочено к приконтактной зоне сиенитов Балбукского массива с базальтами поляковской свиты и серпентинитами. Оно расположено в 300 м северо-восточнее, охарактеризованного выше рудопроявления Рябковские горы (см. рис. 14).



**Рис. 14. Геологическая схема и разрез Успенского рудопроявления (по материалам В.А. Гаврилова).**

*Условные обозначения:* 1-коры выветривания, 2-кремнистые сланцы, 3-сиениты Балбукского массива, 4-серпентиниты, 5-афировые базальты, 6-туфы базальтов, гиалокластиты, 7-кварц-карбонат-хлоритовые метасоматиты, 8-кварцевые жилы, 9-кварц-карбонатные жилы, 10-пиритовая минерализация, 11-халькопиритовая минерализация, 12-скважины и их номера.

Рудопроявление не разведывалось. Ранее старателями отработывалась одна из кварцевых жил, из которой было добыто около 0,8 кг золота. Общая характеристика рудоносности на проявлении близка к описанной выше на рудопроявлении Рябовские горки, так как объекты приурочены к одной рудной зоне и сближены пространственно. В результате доизучения этого объекта В.А. Гавриловым были получены содержания благородных металлов в слагающих его породах и рудах, приведенные в таблице 13.

Таблица 13

Содержания благородных металлов в породах и рудах  
Успенского рудопроявления (в г/т)

№ скв.	Интервал (м)	Au	Ag
102	82,2-84,7	0,7	1,4
137	54,6-60,0	1,7	2,9
	60,0-61,6	3,3	3,5
	61,6-64,6	0,9	2,5
	138,1-138,5	2,1	1,2
	138,5-141,6	0,6	1,8
	156,6-159,5	2,24	1,9
	159,5-162,8	0,75	2,0
	162,8-168,5	2,05	2,0
	178,0-180,0	0,8	1,6
	214,8-215,8	1,2	1,6
	215,8-216,6	2,1	1,0
104	140,8-143,0	0,5	2,2
	143,0-145,5	3,0	2,4
	222,6-223,2	1,7	3,3
	235,2-235,8	0,9	5,0
	235,8-236,2	4,5	5,0

Как видно из приведенной выше таблицы, общие закономерности распределения средних содержаний золота по рудным телам с поверхности и в разбуренных скважинами на глубине, позволяют говорить о довольно равномерном характере распределения золота на глубину и по простиранию. При этом распределение серебра также характеризуется определенной стабильностью.

**Андрей-Ивановское рудопроявление** расположено в 0,8 км юго-западнее с. Возрождение Учалинского района Республики. Объект был открыт старателями и ими же эксплуатировался в 1935-1936 годах. Разработка производилась шурфами с глубиной отдельных выработок до 20-30 м.

В различное время изучением объекта занимались М.А. Смирнов, Б.Г. Галиуллин, М.В. Смирнов, А.Л. Чернов и другие.

Рудопроявление локализовано в породах зилаирской свиты и приурочено к поперечным (юго-западного и северо-западного простираний) трещинам, оперяющим Татлимбетовский разлом, северо-восточного простирания (рис. 15).

Золотое оруденение приурочено к кварцевым жилам, выполняющим трещины оперения. На объекте рудными телами являются две жилы, известные как Северная и Южная, пересекающиеся в западной части рудопроявления. Северная жила имеет сложное простирание (восточный фланг – юго-западное по азимуту 248°; западный – северо-западное по азимуту 300°) и очень крутое падение на юг под углом 80°. По простиранию она прослежена на 168 м при средней мощности 1 м.

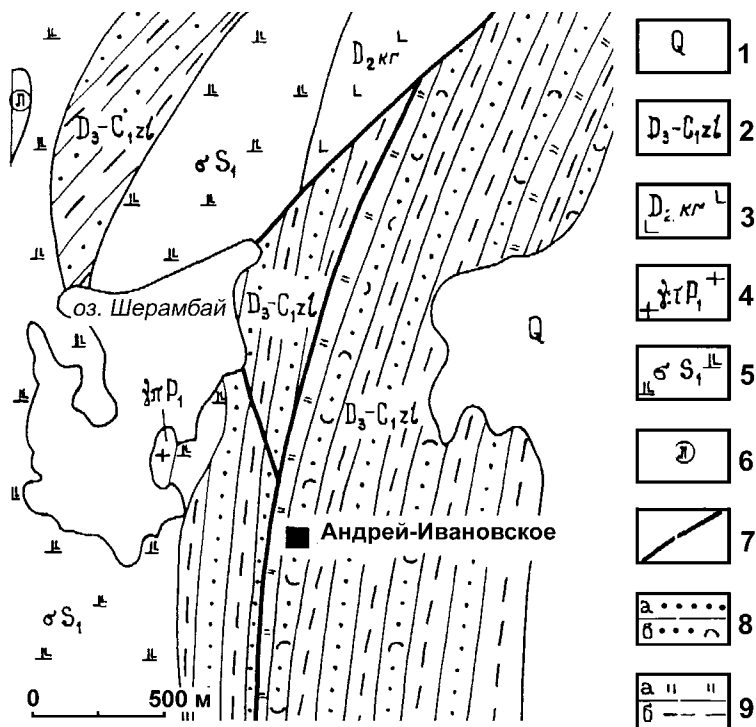
Мощность Южной жилы довольно изменчива; в северо-западной части наблюдается ее резкое выклинивание вблизи прослоя кремнистых сланцев.

Зона окисления на рудопроявлении развита до глубины 25-30 м. В зальбандах кварцевых жил и в экзоконтактах в рудомещающих породах развивается альбитизация, карбонатизация, окварцевание и пиритизация пород.

Главными рудными минералами являются пирит и самородное золото. Пирит очень часто полностью окислен и представлен лимонитовыми псевдоморфозами. Золото встречается в виде единичных выделений неправильной формы и губчатых ростков. Его содержания в рудном, по данным А.Л. Чернова, теле подвержены значительным колебаниям (от 1 до 70 г/т), составляя в среднем по рудопроявлению 6,7 г/т.

По данным химического анализа в составе руд установлены:  $\text{SiO}_2$ -79,5%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -2,9%;  $\text{CaO}$ -0,66%;  $\text{MgO}$ -0,47%;  $\text{Fe}_{\text{сумм}}$ -9,33%;  $\text{MnO}$ -0,11%;  $\text{Zn}$ -0,11%;  $\text{S}$ -0,11%. Кроме этого в них обнаружены кобальт (0,006%) и теллур (0,001%).

Согласно материалам А.Л. Чернова, в 1936 году на объекте при переработке 321 тонны руды было добыто 2,7 кг золота.



**Рис. 15. Геологическая схема Андрей-Ивановского рудопоявления (по материалам А.Л.Чернова).**

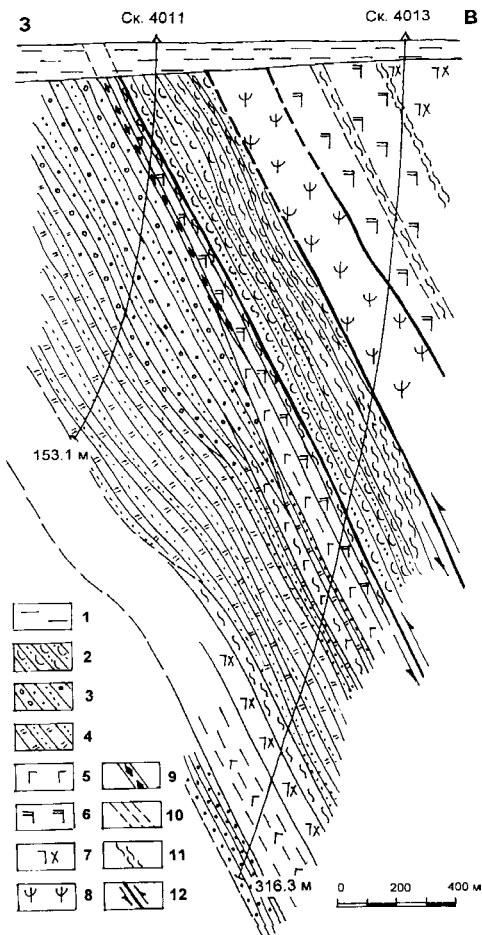
Условные обозначения: 1-четвертичные отложения: пески, супеси, торф, 2- зилаирская свита: кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы, песчаники, туфопесчаники, 3-карамальташская свита: диабазовые порфириты, их туфы, 4-гранит-порфиры, 5-серпентиниты, 6-листвениты, 7-разрывные нарушения, 8-песчаники (а), туфопесчаники (б), 9-кремнистые (а) и кремнисто-глинистые (б) сланцы.

**Октябрьское месторождение** расположено в 1,5 км от пос. Буйды и в 400 м на север от месторождения Ганеевское на юго-западном склоне г. Карагас-тау. Оно представлено серией кварцевых жил, залегающих в порфиритовой толще, простирающихся по азимуту 355-360° и падающих на восток под углами 80-90°. Наиболее крупная из жил прослежена на расстояние до

140 м и на глубину около 12 м, при мощности не превышающей одного метра (рис. 16). Содержание золота в ней колеблется в широких пределах – от 0,5 до 12 г/т. Месторождение разрабатывалось старателями. За все время эксплуатации, по материалам С.Г.Варганова, было добыто 5 кг золота.

**Рис. 16. Геологический разрез через Октябрьское месторождение (по И.Б.Серавкину и др., 2001).**

Условные обозначения: 1-рыхлые отложения, 2-туфопесчаники, туффиты, кремнистые туффиты, 3-гравелиты, песчаники и алевролиты, 4-кремни, кремнисто-глинистые сланцы, 5-диабазы, базальты, 6-габбро, 7-габбро-диориты, 8-серпентиниты, 9-листвениты, 10-рассланцевание, 11-зона сланцев, 12-разломы и направления перемещения по ним.



**Гановское месторождение** представляет собой кварцевую жилу, расположенную на контакте серпентинитов с брекчиевидными диабазами, их туфами и кремнистыми туффитами. Серпентиниты в значительной степени изменены и частично превращены в тальковые и тальк-карбонатные породы.

В кварце рудного тела присутствует редкая вкрапленность пирита. Наиболее обогащены золотом зальбанды жилы и особенно ее висячий бок, где, по данным А.С.Калинина, его содержания достигали 70 г/т. В рудовмещающих породах содержание золота составляло 1,2 г/т.

По материалам С.Г.Варганова месторождение отработано до уровня грунтовых вод (7-9 м), а за все время его эксплуатации было добыто 208,8 кг золота.

**Рудопроявление Уразовское** приурочено к кварцевым жилам, расположенным в серпентинитах вблизи их контакта с диоритами. Рудные минералы в подавляющем большинстве представлены пиритом. По материалам С.Г.Варганова среднее содержание золота в них составляет около 6 г/т, а серебра – до 5,5 г/т.

\* \* \*

Большая часть остальных объектов этого минералогеохимического типа, расположенных на территории Республики представлена аналогичными телами, но меньших размеров и с меньшими содержаниями полезного компонента.

#### **4.3. Золото-халькопирит-кварцевый тип**

Этот минеральный тип на территории Республики Башкортостан представлен месторождениями и рудопроявлениями: Аптряшка, Веселое, Карагайлинское, Никольское, Абзаковское, Симочь-Тугульское и Узун-Тау, расположенными в Учалинском районе, и объектами: Баимовское, Карамалы-Баш, Султангузинское и Южно-Чекалдыкское, находящимися в пределах Баймакского района Республики.

**Рудопроявление Аптряшка** было открыто в 1912 году и в этот же период отработано до глубины 10-15 м. В 1936 году эксплуатация проводилась шахтным способом до глубины 40 м и по простиранию на 60 м. Первое детальное геологическое описание рудопроявления было дано Н.И.Бородаевским в 1937 го-

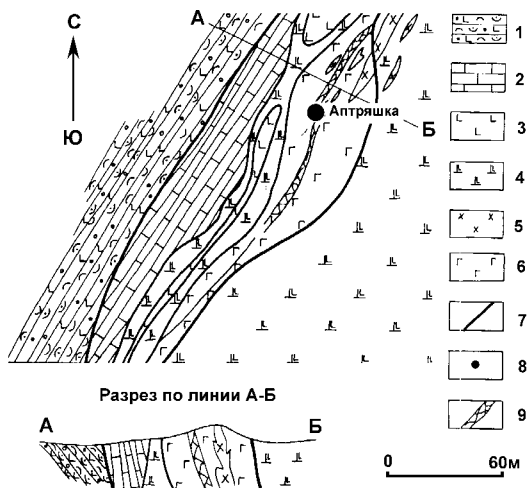


ду, а за все время эксплуатации на рудопроявлении было добыто 16,6 кг золота.

**Рис. 17. Геологическая схема и разрез рудопроявления Аптряшка (по материалам С.А.Ткачева).**

*Условные обозначения:*

1-туфоконгломераты, туфопесчаники основного состава зилаирской свиты, 2-известняки улутауской свиты, 3-метабазалты карамальташской свиты, 4-серпентиниты, 5-6-Балбукский комплекс (5-диориты, 6-габбропорфириды), 7-разломы, 8-рудопроявление Аптряшка, 9-зона тектонических брекчий.



Рудные тела представлены кварц-альбитовыми жилками и прожилками, приуроченными к зонам тектонических брекчий (рис. 17). Жильные тела имеют северо-восточное простирание и очень крутое северо-западное падение. Их длина колеблется от 16,5 до 23 метров при средней мощности около 0,1 м.

Золото в жилах ассоциирует с пиритом, халькопиритом, сфалеритом и арсенопиритом. По материалам С.А.Ткачева, содержания его в породах колеблются от 0,6 г/т до 30,8 г/т, составляя в среднем по объекту 25,03 г/, а количество серебра достигает 5 г/т т.

Золото на объекте присутствует в самородном виде в ассоциации с пиритом. Его распределение очень неравномерное и имеет «кустовой» характер. Как правило повышенные его содержания приурочены к пересечению мелких прожилков либо на участках сочленения мелких прожилков с более крупными жилами.

Проведенное нами изучение распределения платиноидов в породах этого рудопроявления (метасоматитов с густой вкрапленностью сульфидов) показало, что в них содержится 0,24-0,30

г/т платины при содержаниях золота 0,10-0,95 г/т (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001).

**Месторождение Веселое** приурочено к диабазам, их туфам и кремнистым породам, которые пронизаны перидотитами и серпентинитами. Из жильных пород на площади месторождения встречаются габбро и плагиоаплиты. В структурном отношении оно приурочено к западному крылу Учалинской антиклинали, осложненной синклинальной складкой, которая сложена пироксен-плагиоклазовыми порфиритами ирендыкской свиты.

На площади месторождения наблюдается субмеридиональная зона рассланцевания и дробления мощностью от 10 до 20 м. Она приурочена к контакту кремнистых пород с перидотитами. По данным химических анализов в этой зоне наблюдаются повышенные содержания меди, цинка, серебра и золота (последнего до 3 г/т). Эта зона, в свою очередь, сечется субширотным тектоническим нарушением, выполненным рыхлым охристым материалом, который и являлся рудой, с содержаниями золота до 45 г/т, при средних значениях 19 г/т. Зона падает на северо-восток под углом 70-80° и прослежена на 15 м. Кроме золота эти породы содержали серебро (10-15 г/т), мышьяк (0,1%), цинк (0,95%), никель (0,05%), медь (0,05%) и ванадий (0,01%).

Рудное тело по простиранию вскрыто на расстояние 60 м при средней мощности до 3 м. Его контакты с вмещающими перидотитами резкие и выражены зеркалами скольжения. Ниже зоны окисления, на глубине 38 м рудная минерализация представлена пиритом, халькопиритом и арсенопиритом в массе белого кварца. При отработке объекта средние содержания золота составляли 20-45 г/т, серебра – 10-15 г/т. Исследованиями Е.А. Шумихина было установлено, что габбродиабазы с медной зеленью, распространенные в пределах этого месторождения, характеризуются повышенными содержаниями платины – от 0,006 до 0,015 г/т (среднее – 0,002 г/т).

**Карагайлинское месторождение** расположено в 5,5 км юго-восточнее г. Учалы. Объект был открыт старателями в 1925 году и ими же эксплуатировался открытыми и подземными горными выработками в 1930-1934 годах. Оруденение контролируется зоной рассланцевания, имеющей субмеридиональное простирание и представлено кварцевыми жилами, расположенными в дайках габбро-диоритов, прорывающих диабазовые порфириты.

Рудные тела, представленные молочно-белым жильным кварцем, не выдержаны по мощности, имеют северо-восточное простирание и крутое падение на юго-восток. По простиранию они прослежены на расстояние от 40 до 170 м при средней мощности отдельных жил до 1,2 м.

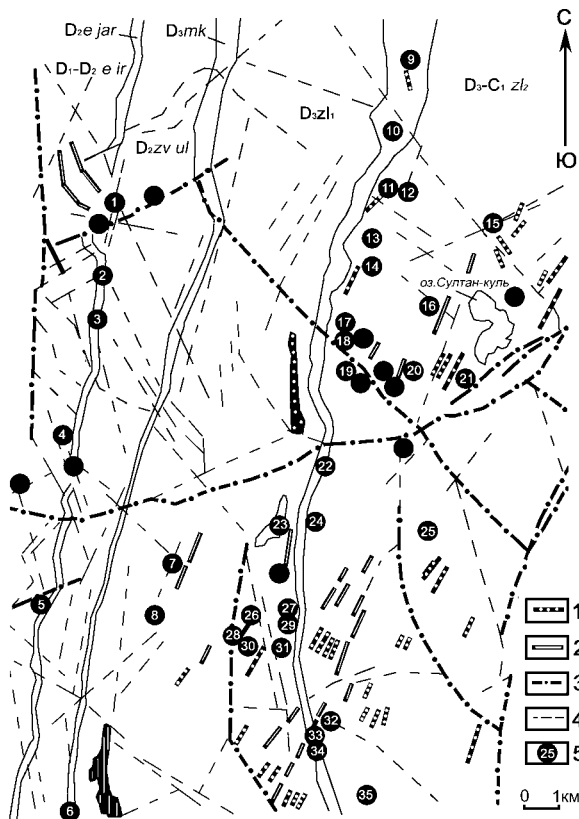
По данным Я.Я.Вецлера и С.А.Ткачева, в кварцевых жилах из рудных минералов присутствуют пирит, халькопирит, лимонит, галенит и самородное золото. Распределение рудных минералов в жилах довольно неравномерное. Повышенные содержания золота приурочены к участкам рудных тел, обогащенных сульфидными минералами. Его количество в рудных телах колеблется в пределах от 0,6 до 9,0 г/т, составляя в среднем по объекту 1,64 г/т.

**Никольское месторождение** приурочено к кварцевым жилам, распространенным в дацитах и их туфах. Протяженность рудных тел достигает 300 м при мощности около одного метра. Падение жил восточное под углом 50°. Оруденение прослежено до глубины 38 м и до этой же глубины отработано подземными выработками. Среди рудных минералов были отмечены халькопирит и борнит. Содержание золота в рудах объекта составляло около 4 г/т.

#### **4.4. Золото-галенит-кварцевый тип**

Этот минеральный тип в пределах территории Республики Башкортостан представлен как относительно крупными объектами Басай, Малый Каран, Тимирьян, так и мелкими рудопоявлениями – Пучковское, Лысая гора и другими, расположенными в Учалинском и Баймакском районах (рис. 18).

**Месторождение Басай** приурочено к маломощной, прямолинейной кварцевой жиле, залегающей среди толщ темно-серых до черных граувакковых песчаников, протягивающейся в восток-северо-восточном направлении более чем на 300 м (рис. 18), из которых участок, протяженностью около 120 м в 1933-1937 годах разрабатывался старателями с применением горных выработок.



**Рис. 18. Схематическая геолого-структурная карта северо-западной части Худолазовской синклинали и размещение в ее пределах золоторудных объектов (по И.Б. Серавкину и др., 2001, с упрощениями).**  
 Условные обозначения: Свиты: D<sub>1-2</sub>ir-ирендыкская свита, D<sub>2</sub>jar-ярлыкаповский яшмоидный горизонт, D<sub>2</sub>ul-улутауская свита, D<sub>3</sub>mk-мукасовский кремнистый горизонт, D<sub>3</sub>zl<sub>1</sub>-нижняя подсвита зилаирской свиты, D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub> z l<sub>2</sub>-верхняя подсвита зилаирской свиты; 1-габбро и габбро-диабазы нерасчлененные, 2-диориты, габбро-диориты и граниты нерасчлененные, 3-разрывные нарушения, 4-малоамплитудные разрывные нарушения и зоны трещиноватости, 5-золоторудные объекты (1-Шадыгаевское, 2-Аллагул-тау, 3-Ахметшатау, 4-Шилкан-тау, 5-Ишбердинское, 6-Уссурюк-тау, 7-Тимирьян, 8-Агаслы, 9-Караса, 10-Халиловское, 11-Мурунское I, 12-Мурунское II, 13-Билин-тау, 14-Сагыл-тау, 15-Каратал, 16-Муилды-Тамак, 17-Кара-тау I, 18-Кара-тау II, 19-Южно-Каратауское, 20-Сунар-Узяк, 21-Султан-Куль, 22-Хамза-Утары, 23-Тукан, 24-Улузбийик, 25-Кутлу-булат, 26-Аласия II, 27-Аласия III, 28-Аласия I, 29-Агастаубийик, 30-Малый Тукан, 31-Большой Тукан, 32-Левый Тукан I, 33- Левый Тукан II, 34-Левый Тукан III, 35-Басай).

Рудное тело представлено жилой ожелезненной и ноздреватого молочно-белого кварца, иногда с друзами горного хрусталя. Оно падает на север-северо-запад под углом  $60^\circ$ . В его лежачем боку наблюдаются глинистые примазки и зоны смятия. Средняя мощность золотоносного интервала кварцевой жилы составляет 8 см. По падению эта зона отработана на глубину до 25 м, до уровня грунтовых вод.

**Рис. 19. Структурная схема Малокаранско-Александровской площади и расположение в ее пределах золоторудных объектов (по И.Б.Серавкину и др., 2001, с упрощениями)**

Условные обозначения: 1-четвертичные отложения, 2-интрузивные тела Балбукского комплекса, 3-магмоконтролирующие разломы, 4-сдвиги и косые разрывы поздней группы, 5-золоторудные объекты (1-Малый Каран, 2-Густелевское, 3-Борисовское, 4-Андреевское, 5-Александровское, 6-Кривая жила, 7-Россыпининское, 8-Утробинское, 9-Таракановское, 10-Большой Каран, 11-Промежуточная зона).



Распределение золота на объекте очень неравномерно. В его запад-юго-западной части располагался рудный столб, состоявший из двух десятков соседствующих золотоносных «кустов». В пределах рудного тела ранее проведенными работами были уста-

новлены следующие рудные минералы: пирит, халькопирит (очень редко), галенит и самородное золото.

За период эксплуатации месторождения до 1939 года, золотоносная жила «Басай» дала 97,5 кг золота, причем за период 1938-1939 года было добыто 11,1 кг.

Золото преимущественным образом было приурочено к кварцевой массе, где обогащенные им «кусты» имели выдержанное северо-восточное направление, прослеженное на глубину 10-15 м. По данным Д.А.Смирнова, содержание Au составляло около 97,5 г/т, а при добыче в 1939 году, согласно материалам С.Г.Варганова, среднее содержание металла отвечало 156 г/т.

**Месторождение Малый Каран.** Месторождение расположено в 4 км юго-юго-западнее с. Вознесенское. Оно было открыто старателями в 1927 году и впервые описано Н.И. Дингельштедтом. С различной степенью периодичности месторождение разрабатывалось старателями до 1949 года, давая ежегодно по несколько кг золота.

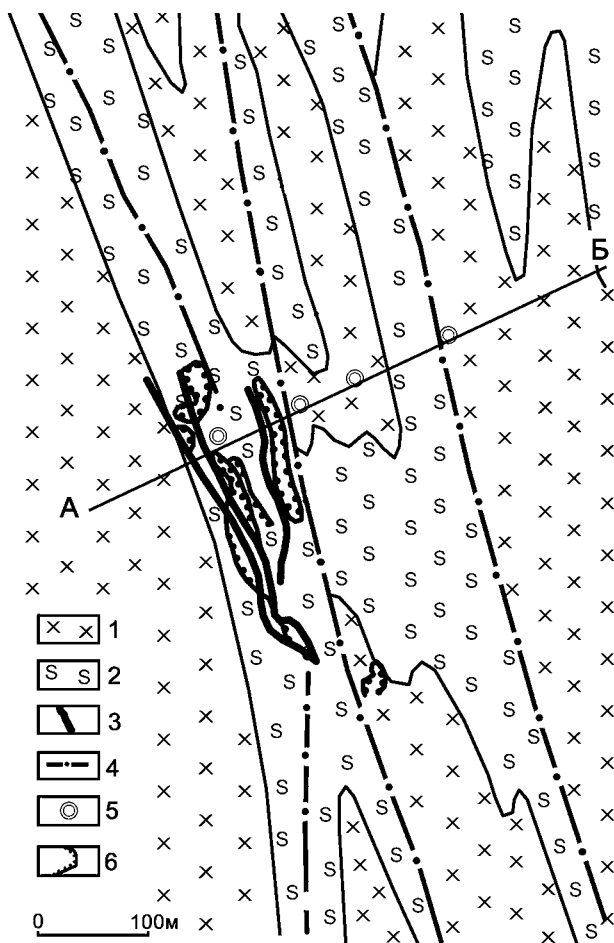
Месторождение приурочено к северо-западной зоне рассланцевания, которая фиксируется в эндо- и экзоконтактах небольшой интрузии сиенитов трещинного типа, структурно расположенной в ядре Малокумачинской синклинали (рис. 19).

Оруденение преимущественно (и генетически?) связано с сиенитами балбукского комплекса. По классификации В.А.Прокина, этот объект принадлежит к золото-кварцевой формации, а его минеральный тип характеризуется как золото-галенит-кварцевый. На площади месторождения развиты окварцованные, серицитизированные, хлоритизированные и карбонатизированные вулканогенные и осадочные породы (рис. 20), которые испытали в отдельных зонах альбитизацию с образованием кварц-альбитовых метасоматитов (Сопко, 1977).

Рудовмещающие породы имеют субвертикальное залегание (рис. 21) и рассланцованы по азимуту 330-350° согласно с трещинами оперения Аушкульского и Малокумачинского разломов, имеющих общее северо-восточное простирание.

В пределах минерализованной зоны выделяются два рудных тела: Центральная и Восточная («Гоголева») жилы, которые не выдержаны по простиранию и мощности. Обе они имеют очень крутое восточное падение и северо-западное простирание (азимут простирания – 310-350°). Их размеры по простиранию близки

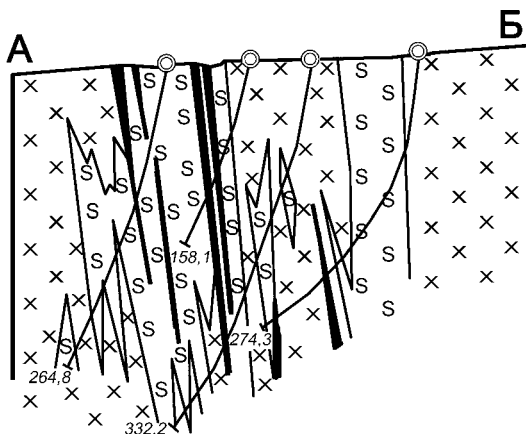
между собой: 313 м – Центральная и 202 м – Восточная, а по падению они прослежены на глубину от 65 до 225 м. Верхняя часть объектов представлена зоной окисления, которая развита до глубины 17 м.



**Рис. 20. Геологическая схема месторождения Малый Каран (по материалам А.Л.Чернова).**

*Условные обозначения: 1-окварцованные и серицитизированные сие-  
ниты Балбукского комплекса, 2-серицит-кварцевые и серицит-хлорит-  
кварцевые метасоматиты по туфам и сиенитам, 3-рудные тела, 4-  
тектонические нарушения, 5-скважины, 6-карьеры.*

**Рис. 21. Геологический разрез по линии А–Б месторождения Малый Каран (по материалам А.Л.Чернова).**  
Условные обозначения см. на рис. 20.



Из рудных минералов на объектах установлены: пирит, галенит и золото. Нерудные минералы представлены кварцем, альбитом, баритом, серницитом, хлоритом, апатитом и карбонатом.

Главный рудный минерал – пирит встречается в виде мелких (0,5-1 мм, редко до 1 см) кристалликов кубического габитуса. Довольно часто на его гранях отмечается альбитовая оторочка.

По данным А.Л.Чернова химический состав руд включает в себя:  $\text{SiO}_2$ -70,44%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -19,67%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -2,48%;  $\text{FeO}$ -0,37%;  $\text{CaO}$ -0,62%;  $\text{MgO}$ -0,40%;  $\text{SO}_3$ -0,03%;  $\text{S}_{\text{общ.}}$ -0,32%. По результатам химического анализа пробы весом 127,5 кг, отобранной в 1933 году, содержания золота в рудах составили 2,8 г/т, серебра – 5,0 г/т, меди – 0,04%, цинка – 0,20%, марганца – 0,25%.

По Поляковского прииска в рудах месторождения установлено до 14,4 г/т платины (среднее 6,52 г/т) и от 1,69 до 3,77% свинца. Содержания платиноидов, установленные нами (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001) в рудах этого месторождения, приведены в таблице 15, из которых видно, что метасоматиты с вкрапленностью сульфидов имеют платино-золотую и палладий-золотую специализации, в то время, как для окремнелых и ожелезненных разновидностей характерна золото-платиновая специализация.

В этом же разделе приводятся материалы по рудопроявлениям Борисовское, «Глазуновские выработки» и «Густелевские выработки», которые расположены вблизи месторождения Малый Каран (в единой рудоконтролирующей зоне?) и, также как и последний объект, относятся к нетрадиционному для Магнитогор-



ского мегасинклиория типу, представленному карбонат-хлорит-апатит-серицит-кварц-альбитовыми метасоматитами (альбититами по Н.И.Бородаевскому). Рудные минералы, в большей своей части на этих объектах представлены пиритом в ассоциации с самородным золотом.

Таблица 15

Содержания МПГ и Au в породах и рудах  
месторождения Малый Каран (в г/т)

Порода	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Метасоматит с	0,30	0,0	0,05	0,03	0,0	0,80
вкрапленн.	0,13	0,31	0,0	0,0	0,0	0,70
сульфидов	0,30	-	-	-	-	0,16
Метасоматиты	0,20	0,09	0,0	0,0	0,0	0,20
окремненные	0,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22
Метасоматиты	0,02	0,05	-	-	-	0,0
ожелезненные	0,11	-	-	-	-	0,21

*Примечание:* по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001.

К сожалению, данные по отнесению этих рудопроявлений к определенному минералого-геохимическому типу в литературе отсутствуют, поэтому их характеристика (по материалам Э.О.Олина с соавторами) дана в этом разделе с некоторой долей условности.

**Борисовское рудопроявление** расположено в 900 м севернее карьера М. Каран (рис. 19). Работы на объекте проводились в 1930-34 годах.

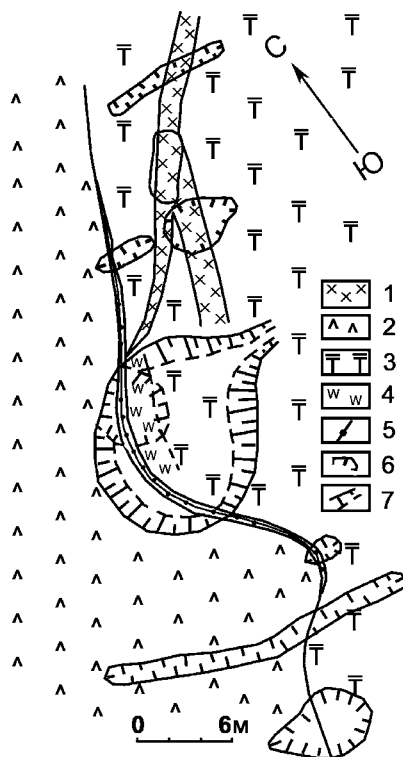
Сведения о добытом золоте в литературе отсутствуют. В настоящее время карьер рудопроявления почти полностью завален и задернован. Лишь в его северной стенке обнажаются выветрелые коренные породы, представленные интенсивно расланцованными листовниками ржаво-буроватого цвета, смятыми в складки. Среди этих пород присутствуют прослои (мощностью от 10-20 до 30 см) тонкоплитчатых, оталькованных хлоритовых сланцев и тальковых сланцев (рис. 22), имеющими пологое западное падение под углами 20-30°.

Ниже по разрезу залегают сильно трещиноватые, в незначительной степени затронутые выветриванием сиенит-порфиры, с довольно четко выраженными порфировыми выделениями

плагиоклаза, имеющими длину до 0,5-0,7 см. Рудные тела представлены кварцевой жилой неправильной формы. Кроме этого, на объекте отрабатывались минерализованные зоны, представленные рассланцованными участками рудовмещающих пород.

**Рис. 22. Геологическая схема рудопрооявления Борисовское (по материалам Э.О. Олина с соавторами).**

Условные обозначения: 1-кварцевые жилы, 2-листвениты, 3-рассланцованные туфы андезитового состава, 4-диориты, 5-зоны серицитизации и хлоритизации, 6-шурфы, 7- карьер.



По материалам Э.О. Олина с соавторами, проводившими работы на этом объекте, анализы проб, отобранных из стенки карьера, повышенных содержания золотa не показали.

**Рудопрооявление «Глазуновские выработки»** расположено в 400 м на юг от месторождения М. Каран.

Объект представляет собой разбросанные выработки в виде небольших карьеров, канав, шурфов, которые вскрывают рассланцованные серицит-карбонат-хлоритовые, серицит-хлоритовые метасоматиты с зонами окварцевания и интенсивного рассланцевания, пронизанные кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками субмеридионального простирания (рис. 23). Реже встречаются альбититы. Содержания золотa в породах этого рудопрооявления колеблются от 0,2 до 3,2 г/т (табл. 16).

**Рис. 23. Геологическая схема рудопроявления «Глазуновские выработки» (по материалам Э.О.Олина с соавторами, с упрощениями). Условные обозначения см. на рис. 22.**

По материалам предыдущих исследований было установлено, что золотое оруденение приурочено к зонам рассланцевания и окварцевания, и, частично, к кварцевым прожилкам, имеющим относительно пологое падение.

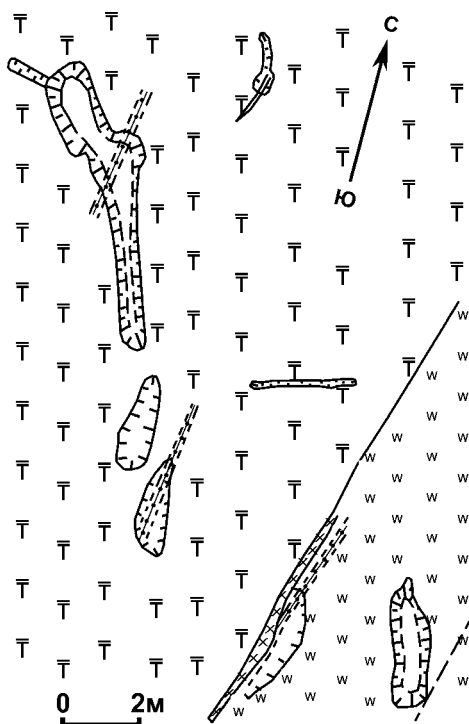


Таблица 16

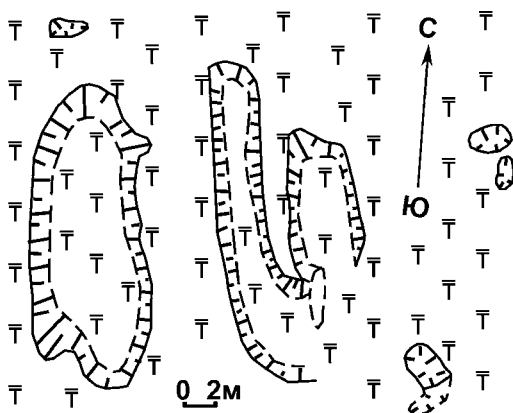
Содержания благородных металлов (г/т) в породах  
«Глазуновского» рудопроявления

№ пробы	Длина пробы	Au	Ag
1024	0,5	1,5	<0,5
1025	0,5	1,8	<0,5
1026	0,5	<0,2	<0,5
1027	0,5	0,2	<0,5
1028	1,0	<0,2	<0,5
1029	0,5	<0,2	<0,5
1030	0,5	3,2	<0,5
1073	0,5	0,2	<0,5
1074	0,5	0,4	<0,5
1075	1,0	0,2	<0,5

*Примечание:* по материалам Э.О.Олина с соавторами.

**Рудопроявление «Густелевские выработки»** расположено на юго-западном продолжении месторождения М. Каран в 400 метрах от последнего (рис. 19).

**Рис. 24. Геологическая схема рудопроявления Густелевские выработки» (по материалам Э.О.Олина с соавторами, с упрощениями). Условные обозначения см. на рис. 22.**



На объекте старыми выработками вскрыты рассланцованные серицит-хлорит-полевошпатовые метасоматиты, пронизанные кварц-карбонатными прожилками крутого восточного падения и субмеридионального простирания (рис. 24).

В отдельных зонах и локальных участках породы превращены в альбититы, облик которых близок к аналогичным образованиям, распространенным на месторождениях Малый Каран и рудопроявлении «Глазуновские выработки». По материалам Э.О.Олина с соавторами, повышенные содержания золота (до 0,4 г/т) были установлены в альбитизированных разновидностях пород этого объекта.

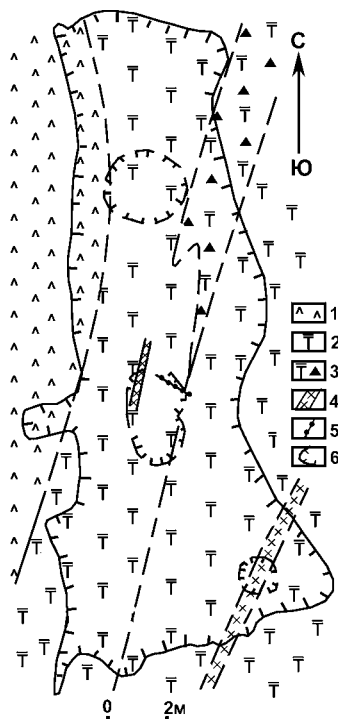
**Зудилинское рудопроявление** находится в 1 км на восток от рудопроявления М. Каран. В свое время оно отрабатывалось старателями. Данные о количестве добытого золота отсутствуют. По материалам Э.О.Олина, на объекте разрабатывалась кварцевая жила в лиственитизированных породах и сами листвениты до глубины 15-20 м (рис. 25).

На сегодняшний день, Зудилинский карьер представляет собой полуобвалившуюся выработку длиной 55-60 м, шириной 14-22 м и глубиной до 8 м, вытянутую в меридиональном направлении (рис. 25). Карьер пройден по восточному контакту

полосы лиственитов, в интенсивно рассланцованных серицит-хлорит-карбонат-кварцевых метасоматитах по туфам, туфобрекчиям смешанного состава с прослоями кремнистых туффигов, карбонат-хлоритовых и хлоритовых сланцев.

**Рис. 25. Геологическая схема Зудилинского рудопоявления (по материалам Э.О. Олина с соавторами).**

Условные обозначения: 1-листвениты, 2-рассланцованные туфы андезитового состава, 3-рассланцованные туфы смешанного состава, 4-кварцевые жилы, 5-кварцевые прожилки, 6-горные выработки.



Вскрытые в западном борту карьера листвениты представляют собой серые с ярко-зелеными пятнами породы среднезернистой структуры. Они пронизаны системой кварцевых прожилков мощностью 1-3 см с частотой расположения последних в «ткани» породы 5-30 см при пологом (под углами 45-50°) падении на юг. По материалам Э.О.Олина с соавторами, рудная минерализация в лиственитах не отмечена. В центральной части карьера, в метасоматитах, встречены прослои оталькованных сланцев, с вкрапленностью мелкого рассеянного пирита.

На сегодняшний день рудопоявление считается отработанным и не представляющим промышленного интереса.

**Месторождение Тимирьян** представлено серией кварцевых прожилков, которые приурочены к тектоническим трещинам апикальной части габбрового массива, залегающего в толще туфоген-

ных песчаников (см. рис. 18). Простираение кварцевых прожилков северо-восточное с юго-западным падением под углами 45-50°.

По данным И.С.Вахромеева, кварцевые прожилки месторождения имеют север-северо-восточное простираение с падением на запад-северо-запад под углом 60°. Их мощность достигает 20 см. Петрографически жилы сложены, как правило, более плотным кварцем с участками охристого вещества неясной природы. В последнем довольно часто встречаются мелкие зерна самородного Au, имеющие неправильную форму.

По материалам С.Г.Варганова, средние содержания золота, ввиду его крайне неравномерного распределения, были рассчитаны с учетом коэффициента извлечения (58%) и составляли 22,7 г/т при максимальных содержаниях до 45 г/т, а за все время эксплуатации на месторождении было добыто 36 кг золота.

По данным И.Б.Серавкина с соавторами (2001), это месторождение входит в состав Тимирязновской золоторудной зоны, к которой, кроме него, авторы относят и *рудопроявление Агаслы*.

**Рудопроявление Агаслы**, характеристика которого дается по И.Б.Серавкину и др. (2001), расположено на северном берегу оз. Балыклы в 4 км к юго-западу от д. Кусеево (см. рис. 18).

Здесь, в тектонической зоне, простирающейся по азимуту 320°, расположено интрузивное тело мелкозернистых габбро-диоритов. Рудный объект представлен двумя золотоносными кварцевыми жилами мощностью до одного м, падающими на северо-запад по азимуту 300° под углом 27°. Данные о содержаниях золота и формах его нахождения в литературе отсутствуют.

**Пучковское месторождение** расположено в 3 км к юго-востоку от пос. Буйды (см. рис. 5). Месторождение представлено кварцевой жилой, расположенной в лиственитизированных туфах порфиритов. Рудное тело простирается в север-северо-восточном направлении по азимуту 12° и падает на восток под углами 35-40°.

Из рудных минералов в нем установлены: пирит, халькопирит и галенит. Содержания золота, по данным штучного опробования пород из отвалов, проведенного С.Г.Варгановым, составляет 3-6 г/т. По материалам старателей, разрабатывавших этот объект, более глубокие и богатые его горизонты еще не обработаны.

**Рудопроявление Лысая гора**, расположенное в Учалинском районе Республики, согласно материалам Д.Г.Ожиганова,

представлено сетью кварцевых жил, приуроченных к кровельным сланцам зилаирской свиты. Их мощность не превышает одного метра. Рудная минерализация представлена гнездообразными выделениями пирита, халькопирита и галенита, размеры которых увеличиваются в направлении к центральным частям кварцевых тел. Содержания золота в жилах, по материалам С.Г.Варганова, составляет около 3 г/т.

#### **4.5. Золото-кварцевый тип**

Этот минералого-геохимический тип в пределах Республики Башкортостан представлен довольно многочисленными и широко распространенными территориально объектами, среди которых известны следующие месторождения: Апес, Астань-Елька, Билян-Тау, Гадельшинское, Горный прииск, Карагайское, Мулды-Уй, Талдуй-Баш, Тукан, Хамза-Утары и рудопроявления: Арад-Таш, Багряшка, Байдаган, Баймакское, Баракальское, Баскун-Узяк, Безымянное, Белекей-Кусак, Валитовское, Зилаирская группа, Золотая горка, Игнатьевское, Искужинское, Исмакаевское, Исянбетовское 1 и 2, Ишбулдинское, Калашникова жила, Камышлы-Кулак, Каратал, Кварцевая гора, Кильчинбаевское, Ким-Манды, Колмаковское, Куртмали, Кутлу-Булат, Муилды-Тамак, Мустаевское, Ново-Казанское, Ольховское I, II, Сагитовское, Сыгыл-Тау, Сакмар-Туле, Северо-Сакмарское, Судовая поляна (Осиновый лог), Султан-Куль, Сунар-Баш, Сунар-Узяк, Тал-Мурун, Тубинские жилы, Улак, Улюк-Бар, Урсук, Урус-Куш, Уссурюк-Тау, Шадыгаевское, Юлдашевское I, II, Ягалас (Ягалча), Ярлыкаповское (Улу-Тау), Яшмовая жила и др.

Все перечисленные выше месторождения, рудопроявления и точки минерализации представлены золотосодержащими кварцевыми жилами, различающимися по размерности и масштабности приуроченного к ним оруденения. Их территориальная привязка дана ниже, при детальной характеристике отдельных объектов.

Здесь же следует отметить, что по мнению В.А.Прокина, золото-кварцевые месторождения Магнитогорского мегасинклинория связаны с гранитоидными и базальтоидными интрузивными комплексами палеозойского возраста. Преобладающим простиранием большинства из золотоносных кварцевых жил является субмеридиональное, гораздо реже встречаются диагональные и субширотные жилы.

На западном склоне Южного Урала, в Авзянском рудном районе, золотоносные кварцевые жилы и штокверки, как правило, приурочены к субмеридиональным крутопадающим тектоническим нарушениям. Причем, довольно часто золоторудные месторождения и рудопроявления пространственно связаны с интрузивными телами основного состава (дайками диабазов и габбродиабазов).

Кроме этого, в данном разделе мы описываем месторождения и рудопроявления, которые относятся к золото-кварцевой формации, но данные об их минералого-геохимическом типе в опубликованной и фондовой литературе отсутствуют. Последняя, наиболее детальная сводка по этим объектам приведена в монографии И.Б.Серавкина, С.Е.Знаменского, А.М.Косарева (2001), по материалам которых и приводится описание ряда месторождений и рудопроявлений.

**Месторождение Апес** разведывалось и разрабатывалось в начале XX века.

Объект представлен кварцевой жилой мощностью до 0,3 м, падающей по азимуту 140° под углом 70°. Вмещающими породами служат сильно дислоцированные и трещиноватые порфиры зеленовато-серого цвета. По простиранию жила разведана на 160 м, а на глубину – до 21 м.

Содержание золота в рудном теле довольно неравномерное и в среднем составляет 6,5 г/т. За все время эксплуатации, согласно материалам С.Г.Варганова, на объекте было добыто 5 кг золота.

**Месторождение Билян-тау** расположено в 8,5 км к северо-востоку от дер. Кусеево и приурочено к тектонической зоне общего север-северо-восточного простирания (азимут 15-20°) с элементами кулисного строения (рис. 18).



Объект разрабатывался старателями в начале XX века, о чем свидетельствуют шахта, канавы и многочисленные дудки, ныне плохо сохранившиеся. За всю историю эксплуатации, по материалам С.Г.Варганова, было добыто 0,9 кг золота.

Собственно месторождение представляет собой зону трещиноватых зилаирских песчаников и гравелитов, зажатую между дайками габбро-диоритов. Зона трещиноватости общей шириной 30-60 м, с остатками мелких кварцевых и карбонатных прожилков, в центральной части имеет азимут падения 285°, угол падения – 55-60°. На южном фланге она ориентирована по азимуту – 45-50°, а в северной части – 25-30°.

Согласно данным С.Г.Варганова, содержание золота в породах месторождения достигало 11,9 г/т.

**Месторождение Гадельшинское** расположено на площади развития андезито-дацитовых порфиритов, дацитов, их туфов, кремнистых туфосланцев и красных полосчатых яшм ранне-среднедевонского возраста. Кроме этого, на площади широко развиты дайковые тела диабазов и габбродиабазов.

Само месторождение представлено серией (до 10) кварцевых жил, имеющих максимальную протяженность до одного км, при средней мощности 0,8 м (максимальная мощность составляет около 7 м). Жилы характеризуются юго-восточным падением под углом в среднем 75°. Содержание золота в жилах колеблется в широких пределах – от 4,3 до 17 г/т. Месторождение разрабатывалось старателями.

**Карагайское месторождение** представлено серией кварцевых жил, залегающих в полосе развития порфиритовой толщи девонского возраста. На объекте установлены две системы трещин, к которым приурочены рудоносные жилы. Первая из них имеет субмеридиональное простирание, а вторая – северо-восточное по азимуту 15-30°. Ранее проведенными работами они изучены до глубины 8-10 м, в результате чего было установлено, что их мощность колеблется от 0,4 до 0,6 м, а среднее содержание золота, по материалам С.Г.Варганова, составляет 5-6 г/т. За всю историю эксплуатации, по данным того же автора, на месторождении было добыто 17,7 кг золота.

В пределах восточной части Республики Башкортостан, выделяется целый ряд золоторудных объектов, приуроченных к яшмовым горизонтам. В.А. Прокиным с соавторами (1960 ф) эти объекты объединяются в группу «минерализованных яшм».

В большинстве случаев сами месторождения и рудопроявления этого типа представлены кварцевыми жилами и прожилками, окварцованными яшмоидами (часто с рассеянной сульфидной минерализацией) и кварц-гематитовыми породами. В разное время и с различной степенью детальности изучением этих объектов занимались В.А.Прокин с соавторами, С.Г. Варганов, Д.А.Смирнов, И.С. Вахромеев, И.Б.Серавкин, С.Е. Знаменский и А.М.Косарев и другие, по обобщенным материалам которых ниже приводится описание отдельных объектов.

**Астань-Елькинское месторождение** представлено кварцевой жилой, приуроченной к яшмам ярлыкаповского горизонта. Среднее содержание золота в рудном теле, согласно материалам С.Г.Варганова, составляло 7,65 г/т.

Объект эксплуатировался старателями в начале XX века, о чем свидетельствуют горные выработки в виде шурфов и канав. За время эксплуатации было добыто 0,3 кг золота.

**Шадыгаевское месторождение (участок).** Месторождение представлено несколькими объектами, один из которых расположен в яшмоидах ярлыкаповского горизонта, два – в отложениях ирендыкской свиты, и еще один – в отложениях улутауской свиты (рис. 18).

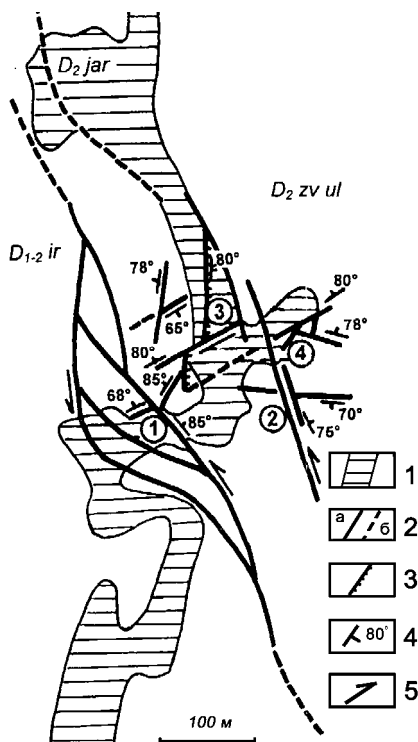
По данным И.Б.Серавкина с соавторами (2001), этот участок приурочен к структурному узлу, образованному разрывами северо-западного, север-северо-восточного и восток-северо-восточного простираний, а кварцевые жилы, являющиеся рудными телами, залегают в трещинах запад-северо-западного падения и север-северо-восточного простирания с азимутом падения 280° и углом 50°, причем последние приурочены к зоне расланцевания такой же ориентировки.

Более детальные материалы об орудуении участка в литературе отсутствуют.

**Месторождение Аллагул-тау** находится на юге Абзелиловского административного района, в пределах Ярлыкаповской золоторудной зоны (по классификации И.Б.Серавкина и др., 2001, см. рис. 18). Месторождение отрабатывалось старателями. По данным С.Г.Варганова за все время его эксплуатации было добыто около 14 кг золота при максимальных содержаниях, достигавших 160 г/т.

**Рис. 26. Геолого-структурная схема месторождения Аллагул-тау (по И.Б.Серавкину и др., 2001).**

*Условные обозначения:* 1-яшмоиды ярлыкаповского горизонта, 2-3-рудоконтролирующие тектонические нарушения: (а)-установленные, (б)-предполагаемые, 4-элементы залегания разрывов, 5-направления смещения крыльев разрывов. Арабские цифры в кружках – рудоносные участки.



Это месторождение входит в группу золоторудных объектов, тесно связанных с яшмоидами ярлыкаповского горизонта и кремнистыми алевролитами низов разреза улутауской свиты (Серавкин и др., 2001). В его пределах выделяются 4 участка (рис. 26).

**Участок Аллагул-тау-1** расположен на северо-восточном крыле субширотной синклинали в зоне разломов северо-западного простирания. На северо-восточном фланге участка, многочисленными канавами, шурфами и дудками вскрыт кварцевый штокверк, который и являлся рудным телом.

**На участке Аллагул-тау-2** небольшим карьером вскрыта зона рассланцевания, имеющая мощность около одного метра, северо-западного простирания с азимутом  $340^\circ$  и юго-восточным падением под углами –  $65-75^\circ$ . Она расположена в кремнистых алевролитах улутауской свиты, вблизи контакта с яшмоидами ярлыкаповского горизонта. В этой зоне локализованы многочисленные субсогласные кварцевые жилы линзовидной формы, выполняющие трещины отрыва.

**Участок Аллагул-тау-3** расположен в 90 м от предыдущего по азимуту  $345^\circ$ . Здесь имеется карьер, диаметром 30 м, и штольня, длиной около 15 м.

По материалам И.Б. Серавкина с соавторами (2001) штольня пройдена в ядре изоклинальной антиклинали меридионального простирания, осложненной зоной разрывов. На ее флангах наблюдаются послойные кварцевые жилы или серии послойных, кулисно расположенных, линзовидных прожилков, а также секущие жилы и прожилки различной формы мощностью до 10 см, выполняющие пологие трещины северо-западного простирания неясного генезиса.

**Участок Аллагул-тау-4** находится в 30-40 м на северо-восток от горных выработок участка Аллагул-тау-2.

Здесь расположен карьер, имеющий в плане сложную форму с размерами  $30 \times 35$  м, в котором вскрыта зона контакта яшмоидов ярлыкаповского горизонта и кремнистых алевролитов улутауской свиты. Контактующие породы различаются по степени дислоцированности. В зоне непосредственного контакта улутауских и ярлыкаповских пород широко распространены седловидные жилы, выполняющие полости отслаивания в замках складок, и Z-S-образные жилы, наследующие флексурные изгибы слоев (Серавкин и др., 2001).

**Месторождение Шилкан-тау** расположено в 4 км к западу от д. Кусеево, на площади развития отложений ярлыкаповского горизонта и верхней толщи ирендыкской свиты (рис. 18).

Месторождение разрабатывалось старателями и на сегодняшний день отработано до уровня грунтовых вод (8,3 м).

По материалам И.Б. Серавкина с соавторами (2001), преобладающим развитием на площади объекта пользуются разрывные нарушения северо-западной ориентировки с азимутом простирания –  $330-345^\circ$ , а также зоны рассланцевания и трещиноватости, следующие вдоль полосы выходов ярлыкаповских яш-

моидов. Одно из рудопроявлений, расположенное среди пород ирендыкской свиты, находится в зоне разрывного нарушения с азимутом простирания  $70^{\circ}$ .

Более детальные характеристики оруденения в литературе отсутствуют.

**Месторождение Ахметшатау (Тактагуловское)** расположено в 2 км к северо-западу от дер. Тактагулово (рис. 18).

Объект локализован в яшмоидах ярлыкаповского горизонта и приурочен к узлу пересечения разрывных нарушений север-северо-восточной (азимут простирания  $15^{\circ}$ ) и северо-западной (азимут простирания  $330-340^{\circ}$ ) ориентировок (Серавкин и др., 2001).

На участке, на протяжении около 200 м, пройдены 4 каналы, которые в целом расположены вкрест простирания яшмоидов ярлыкаповского горизонта. Этими выработками вскрываются зоны окварцевания с маломощными золотоносными (?) кварцевыми прожилками.

**Якшимбетовское месторождение** представлено пиритизированными яшмами, пронизанными кварцевыми прожилками, которые расположены среди порфиритов.

Рудное тело протяженностью до 800 м изучено до глубины 18 м. Содержания золота на объекте, согласно материалам С.Г.Варганова, колеблются от следовых количеств до 14,5 г/т, а за всю историю его эксплуатации было добыто 0,9 кг золота.

**Месторождение Сурбия** представлено кварцевой жилой, согласно залегающей в яшмах. Простирание жилы близко к меридиональному с падением на восток под углом  $60^{\circ}$  при мощности до 1,5 м. Прослежена она на расстояние 225 м, а на глубину изучена до 30 м.

Лежащий бок зоны оруденения представлен рассланцованными яшмами от светлого до зеленого оттенков. Висячий бок сложен желтыми и буровато-красными разновидностями яшм, основная масса которых сильно гематитизирована.

Породы в значительной степени пиритизированы и содержат золото от 10 до 35,5 г/т (при средних содержаниях по месторождению – 7 г/т). По материалам С.Г.Варганова, за всю историю эксплуатации на месторождении было добыто 10 кг золота.

Как уже отмечалось выше, в пределах восточного склона Южного Урала (в границах Республики Башкортостан) были установлены пространственно сближенные рудные объекты, минералогическо-геохимический тип которых неясен, но в то же время большая часть из них (различными авторами) объединяется в рудные узлы и зоны. К типичным представителям таких месторождений и рудопроявлений относится *рудная зона Идрис*, впервые выделенная П.И.Кутюхиным в пределах Буйдинского участка. Ее описание, приведенное ниже, базируется на суммированных материалах эксплуатационных, поисково-разведочных и научно-исследовательских работ, выполненных различными организациями и обобщенных И.Б.Серавкиным с соавторами (2001)

Объекты, объединяемые в *рудную зону Идрис* протягиваются по простиранию на 700-750 м, а включая Александровскую жилу (см. описание выше) – на 1050 м. В ее пределах установлено значительное количество золотоносных кварцевых жил различной ориентировки, общее расположение которых и их параметры показаны на рис. 5.

**Тимофеевская жила (*жила горы Идрис или месторождение Идрис*).** Под этими названиями описывается несколько жил, разрабатывавшихся до 1917 года шахтами Радько-Ражнова и Прибылева (рис. 27).

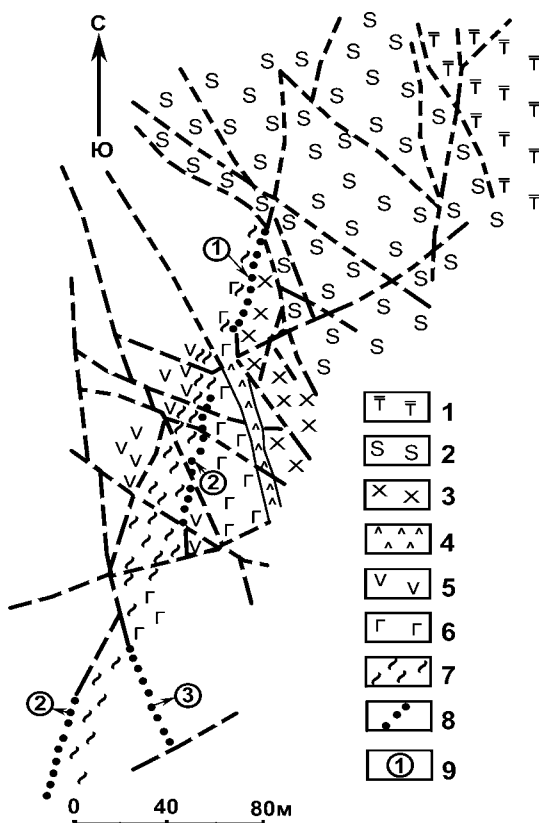
На участке шахты Радько-Ражнова кварцевая жила имела северо-западное простирание и северо-восточное падение под углами от 45-62° до 75°. Ее мощность довольно изменчива (от 0,05 м до 0,27 м).

По материалам П.И. Кутюхина, общая протяженность жилы Тимофеевской (собственно Идрис) составляла около 300 м.

По данным И.Б.Серавкина с соавторами (2001), система жил, выделяемых под названием «Тимофеевская жила», имеет общую протяженность 270-280 м и распадается на два отрезка: 1) северо-восточный, расположенный к северу от шахты Радько-Ражнова и протягивающийся в северо-северо-восточном направлении на расстояние около 100 м при крутом (до 80°) восточном падении, и 2) юго-западный, расположенный к юго-западу от шахты Радько-Ражнова, имеющий протяженность около 170-180 м.

**Рис. 27. Структурная схема северного фланга рудной зоны Идрис (по И.Б.Серавкину и др., 2001, с упрощениями).**

Условные обозначения: 1-псаммитовые и гравийные туффыты, 2-кремнистые сланцы, 3-габбро-диориты, 4-габбродиабазы, 5-диабазы, 6-габбро, 7-зоны расланцевания, 8-кварцевые жилы, 9-месторождения и рудопроявления (1-Ново-Тимофеевское, 2-Идрис, 3-Радько-Ражнова).



Содержания золота на объекте, согласно материалам С.Г.Варганова, составляли от 6 до 27,4 г/т, а за все время эксплуатации было добыто около 40 кг золота.

**Асфандияровское месторождение** расположено на северо-западном склоне горы Идрис и приурочено к северо-восточному флангу рудной зоны Идрис (рис. 5).

Месторождение представлено двумя кварцевыми прожилками мощностью по 4-5 см, имеющими пологое падение (под углами 7-15°) на юго-восток по азимуту 125° и прослеженными на расстоянии до 25 м.

Содержания золота в рудах объекта составляли от 10,1 г/т до 70,5 г/т (последнее установлено в нижнем прожилке).

Более подробные данные об оруденении отсутствуют.

**Ново-Тимофеевское месторождение** расположено на северном фланге рудной зоны Идрис (рис. 27).

Объект эксплуатировался в течение длительного периода времени (от дореволюционного до 1940-41 годов) и был отработан до глубины 46,5 м, а местами до 55 м.

Рудное тело представлено одной кварцевой жилой длиной около 70 м, прослеженной подземными горными выработками по простиранию на 50 м. Элементы ее простирания довольно изменчивы (на горизонте 33 м жила меняет простирание с север-северо-восточного на субмеридиональное по азимуту 2-7° и далее вновь на северо-восточное). Общее падение жилы – восточное под углами 65-75°. Мощность жилы также довольно изменчива (от 0,1 до 1,2 м) и составляет в среднем 0,3 м. При этом, часто фиксируются ее раздувы, либо расщепления на серию более мелких прожилков. В жильном кварце рудного тела отмечена вкрапленность пирита и халькопирита, а в пустотах – выделения видимого золота, реже – его прожилки мощностью до 0,5-1,5 мм (Серавкин и др., 2001).

Общее содержание золота в породах объекта весьма переменчиво (меняется от следовых количеств до 150 г/т, при средних содержаниях по извлечению – 13,1 г/т) и имеет «кустовое» распределение.

Ранее проведенными работами было установлено уменьшение средних содержаний Au (до 0,4-1,7 г/т) в направлении падения рудного тела и на его выклинивании по простиранию.

**Месторождение Ураган**, расположенное на юго-западном фланге рудной зоны Идрис (см. рис. 5), было открыто в 1932 году и разрабатывалось в 1934 году.

Эксплуатация объекта проводилась наклонной шахтой. По простиранию рудного тела подземные выработки были пройдены на 75 м.

Рудное тело было представлено золотоносной кварцевой жилой переменной мощности (от 0,08 до 0,55 м, в среднем – 0,25 м). Она имела северо-восточное простирание по азимуту – 31-45° и пологое юго-восточное падение под углом 18-20°.

По материалам С.Г.Варганова, содержания золота до глубины 30-35 м достигали 30 г/т, понижаясь с глубиной до 10-12 г/т.

Рудовмещающими породами для жилы месторождения служат рассланцованные диабазы, а в висячем боку зоны фиксируются диориты.



Как видно из приведенных сведений, в *рудной зоне Идрис* главными рудоконтролирующими факторами являются интрузивные тела габбро-диоритов и узлы пересечения разрывных структур север-северо-восточной, северо-западной и субширотной ориентировки.

**Месторождение Тукан** расположено в 2,5 км юго-восточнее дер. Кусеево, на правом берегу руч. Аксинья (рис. 18).

Месторождение известно с начала XX века. В 1930-1940 годах оно отрабатывалось старателями (глубина отработки составила около 15-16 м). Изучением объекта в различное время и с разной степенью детельности занимались В.А.Прокин, Д.А.Смирнов, В.Ф.Александров, И.С.Вахромеев, И.Б.Серавкин с соавторами и многие другие.

В результате этих работ было установлено, что месторождение приурочено к небольшой интрузии дифференцированного габбро-диоритового состава, прорывающей верхнедевонские терригенно-кремнистые породы.

Золото-кварцевые жилы локализованы в разрывах субмеридионального и северо-восточного простираний и не выходят за пределы массива. И.С.Вахромеев пришел к выводу о ведущей роли в локализации оруденения надвиговых дислокаций, входящих в систему разрывов Биягодинского надвига, имеющего субмеридиональное простирание.

По материалам И.Б.Серавкина с соавторами (2001), главную роль в размещении оруденения играют «дуплексы растяжения», а его связь с интрузиями имеет парагенетический характер.

По данным С.Г.Варганова содержания золота в породах объекта достигали 28,6 г/т.

**Месторождение Аласия** расположено южнее Туканского месторождения на простирании Туканской подзоны (рис. 18).

По материалам И.Б.Серавкина, рудоносные кварцевожильные зоны приурочены к контакту дайки габбро-диоритов и песчаников зилаирской свиты, имеющих азимут падения – 315-320°, угол падения – 55-65°.

**Месторождение Хамза-Утары** расположено на южном берегу реки Карасаз (рис. 18). Месторождение разведывалось и разрабатывалось в 30-х годах XX века.

Рудная зона месторождения вскрыта довольно многочисленными горными выработками, образующими полосу субмеридионального простирания. В северной части рудоносная зона приурочена к контакту песчаников зилаирской свиты с дайкой габбродиабазов, где располагаются зоны максимального прокварцевания, нередко содержащие вкрапленность сульфидов и кварц-карбонатные прожилки. Рассеянная вкрапленность окисленных сульфидов присутствует и в приконтактных участках дайки габбро-диабазов.

\* \* \*

В пределах западного склона Южного Урала уже относительно давно (приблизительно с первой половины XIX века) выделяется Авзянский рудный район, на территории которого расположено несколько пространственно сближенных золото-рудных объектов золото-кварцевой формации (см. рис. 28).

Здесь же следует отметить, что к собственно золото-кварцевой формации относятся объекты: Калашникова жила, Улюк-Бар, Рамеева жила и Кургашлинское, а месторождения Горный прииск и Багряшка к золото-сульфидно-кварцевому типу. Но так как их минералого-геохимический тип более детально не определен, то мы сочли возможным описать их в этом разделе.

Практически все месторождения и рудопроявления этого района локализованы в рифейских отложениях и, как уже отмечалось выше, в большинстве случаев они оказываются приуроченными к субмеридионально простирающимся, крутопадающим тектоническим нарушениям.

Изучением этих объектов в различное время и с различной степенью детальности занимались А.В.Кузнецов, С.Г.Варганов, А.Г.Потехин и А.А.Пацков, А.Ф.Ротарь, А.Л.Чернов, Н.Н.Ларионов, Ш.Н.Кац с соавторами, П.Г.Бердников, П.Ф. Кучеровский, В.Г.Меньшиков, И.В.Высоцкий, С.Г.Ковалев, М.В.Рыкус и многие другие, по материалам которых и приводится описание отдельных месторождений и рудопроявлений.

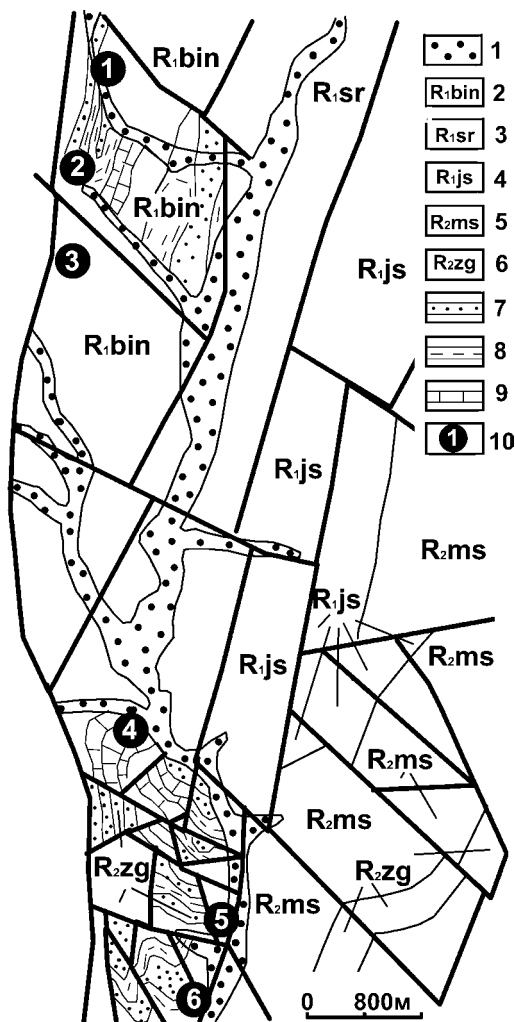


Рис. 28. Геологическая схема Авзянского рудного района и распространение в его пределах золоторудных объектов (по материалам А.Л.Чернова, Н.Н. Ларионова, И.В.Высоцкого).

Условные обозначения: 1-четвертичные отложения, 2-6-структурно-вещественные комплексы рифейского возраста (2-большеинзерский, 3-суранский, 4-юшинский, 5-машакский, 6-зигальгинский), 7-песчаники, 8-глинистые и углеродисто-глинистые отложения, 9-карбонатные породы, 10-золоторудные месторождения и рудопроявления (1-Кургашлинское, 2-Улюк-Бар, 3-Рамеева жила, 4-Багряшка, 5-Калашникова жила, 6-Горный Прииск).

**Месторождение Горный Прииск** расположено в 6 км севернее п. Верхний Авзян и приурочено к тектоническому блоку, ограниченному с востока и запада Караташским и Большеинзерским разломами субмеридионального простирания.

Согласно проведенным исследованиям, в районе месторождения распространены песчано-алевролитово-сланцевые отложения юшинской свиты ( $R_1$ ), выше которых со стратиграфическим перерывом залегают песчаники зигальгинской свиты ( $R_2$ ), подстилающие, в свою очередь, углеродсодержащие песчано-сланцевые толщи серегинской подсвиты зигазино-комаровской свиты ( $R_2$ ).

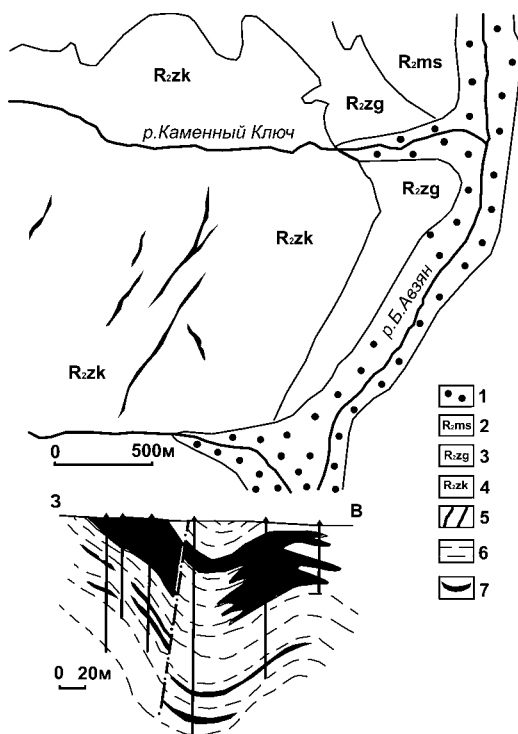
Породы в районе месторождения образуют довольно сложнопостроенную структуру, характеризующуюся наличием в юго-западной части брахисинклинальной складки субширотного простирания. Кроме этого, структура месторождения осложнена многочисленными разрывными нарушениями, имеющими преимущественно северо-западное и северо-восточное (реже субширотное) простирания (рис. 29). Тектонические зоны vyplнены сильно раздробленными и перетертыми брекчированными породами, сцементированными кварцем.

Золоторудная минерализация приурочена, как правило, к зонам северо-восточного простирания и представлена тремя типами рудных тел: жильным, прожилковым и линзовидно-пластовым. Первый тип образует крутопадающие линзообразные жилы переменной мощности (от 0,1 до 2,5 м), в которых кроме кварца обычно присутствует кальцит, а из рудных минералов пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и сфалерит (три последних минерала встречаются гораздо реже). Самородное золото приурочено к прожилкам и вкрапленникам пирита и арсенопирита, причем довольно уверенно фиксируется обогащение им зальбандов кварцевых жил. По данным С.Г. Варганова, наиболее богатой являлась жила, вскрытая шурфом №3 с азимутом падения  $45^\circ$  под углом  $80^\circ$  при мощности до 0,3 м. Средние содержания золота в ней колебались в пределах 5-6 г/т, достигая максимальных значений 53,4 г/т.

Нами был определен химический состав золотин, обнаруженных в дезинтегрированной массе (коре выветривания), слагающей верхние горизонты месторождения (табл. 17). При этом, обращает на себя внимание «пестрота» в содержаниях отдельных элементов, обусловленная, вероятнее всего, полигенностью процессов рудогенеза.

**Рис. 29. Геологическая схема месторождения Горный Прииск и разрез через рудную зону (по материалам С.Г.Варганова и А.Л.Чернова, с упрощениями).**

Условные обозначения: 1-четвертичные отложения, 2-4-структурно-вещественные комплексы рифейского возраста (2-машакский 3-зигальгинский 4-зигазино-комаровский), 5-кварцевые жилы, 6-углеродсодержащие песчано-сланцевые отложения, 7-золотосодержащие песчано-сланцевые отложения.



Морфоструктурные особенности золотосодержащих руд свидетельствуют о том, что месторождение в данном случае представляет собой минерализованную зону тектонической проработки, близкую к линейному штокверку, включающую участки мелкой складчатости, разрывов и осложняющей их трещиноватости, игравших рудолокализирующую роль и контролирующих прожилково-жилное, прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение, сопровождаемое березитоидными преобразованиями вмещающих пород. Имеющаяся по рудному полю Горный Прииск геологическая информация свидетельствует о сложном сочетании в его пределах разнотипного в морфоструктурном отношении оруденения: золото-сульфидного, золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого, что является широко распространенным явлением на месторождениях золота, локализованных в терригенных толщах.

Таблица 17

## Химический состав золотин месторождения Горный Прииск

Элемент	1	2	3
Au	<b>92,588</b>	<b>97,915</b>	<b>95,609</b>
Ag	<b>4,267</b>	<b>2,020</b>	<b>3,689</b>
Bi	<b>1,217</b>	-	0,411
As	<b>0,717</b>	-	-
Sn	0,087	-	-
Sb	0,256	-	-
Se	0,341	-	0,254
Te	0,250	-	-
Co	-	-	0,041
Ni	<b>0,278</b>	0,079	-

*Примечание:* 1-белая глина, 2-рыжая глина, 3-золото-сульфидный сросток из рыжей глины. Жирным выделены значения, превышающие величину ошибки. Кроме этого в составе золотин определялись ртуть и медь, значимых содержаний не обнаружено (по С.Г.Ковалеву, И.В. Высоцкому, 2001).

С 1998 года была проведена оценка золотоносности гипергенных образований Горноприисковой зоны. Шлиховым опробованием глинистой коры выветривания из стенок старого карьера выявлено содержание весового золота (размером  $>0,1$  мм)  $0,6 \text{ г/м}^3$ . По данным пробирного анализа 8 проб из этих же отложений концентрация металла колеблется в пределах  $0,1\text{--}2,8 \text{ г/т}$ . При технологическом опробовании рудной массы, согласно материалам И.В.Высоцкого, представленной песчано-глинистыми отложениями, в ней были обнаружены зерна самородного золота, электрума и аргентита размером менее  $100 \text{ мкм}$ , а содержания благородных металлов составили  $1,56 \text{ г/т Au}$  и  $3,06 \text{ г/т Ag}$ .

По данным С.Г.Варганова, в дореволюционное время на месторождении «Горный прииск» было добыто  $18 \text{ кг}$  золота.

**Рудопроявление Багряшка** расположено в  $10 \text{ км}$  к северу от пос. В. Авзян и в  $4 \text{ км}$  от месторождения Горный прииск (рис. 28). Поисково-оценочными работами (А.Г. Потехин, А.А. Пацков и др., 1977 ф; А.Л.Чернов, В.П.Нечаев, 1980 ф) в пределах участка с россыпной золотоносностью бурением была выявлена зона метасоматически преобразованных пород суранской свиты с золотосодержащей сульфидной минерализацией (суль-

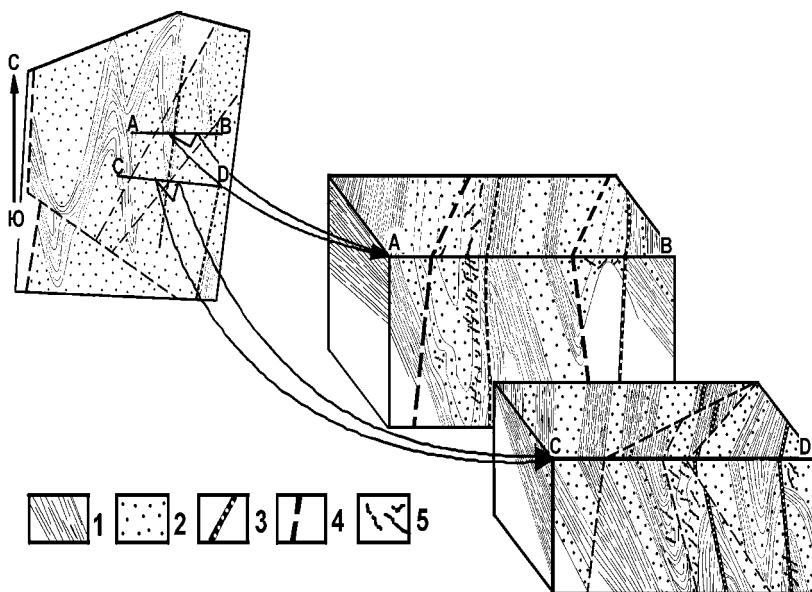
фидизация в хлоритизированных, серицитизированных метасоматитах по перекристаллизованным карбонатам), составляющей до 10% объема измененных пород. Было отмечено неравномерное распределение золота в зоне преобразований и прямая зависимость его содержания от концентрации сульфидного вещества. Средние содержания золота в минерализованных метасоматитах составили от 0,2 до 2,0 г/т (при этом в сульфидных концентратах они достигают 150 г/т).

По мнению А.Л.Чернова, перспективы рудопроявления связаны с углеродсодержащими терригенными отложениями, вскрытыми бурением в низах разреза карбонатно-терригенного комплекса пород, и характеризующимися аномально высоким (0,2-0,7 г/т) фоном содержаний золота. По аналогии с известными месторождениями золото-сульфидных руд, такая минерализация может рассматриваться как продукт перераспределения и регенерации рудообразующего вещества из подстилающих толщ, в данном случае, потенциально продуктивных на золото терригенных комплексов большеинзерской свиты. С поверхности золотоносность в карбонатах в целом невысокая; интервалы с повышенным содержанием установлены лишь в скважинах. Вместе с тем рудопроявление расположено непосредственно в голове россыпи руч. Багряшка, давшей до революции 100 кг золота при среднем содержании  $1,2 \text{ г/м}^3$ .

**Месторождение Улюк-Бар**, расположенное в 2 км западнее окраины п. Исмакаево, в левом борту р. Б. Ключ (см. рис. 28), известно с начала XX века и частично разрабатывалось в 1900-1910 годах. В различное время и с различной степенью детальности оно изучалось Ю.М.Степановым, Н.Н.Никифоровым, А.А.Пацковым, П.Г.Бердниковым, В.П. Нечаевым, А.Л.Черновым с соавторами, Н.Н.Ларионовым, С.Г.Ковалевым, И.В.Высоцким, В.О. Конышевым с соавторами и другими.

Объект локализован в осевой части Айгирской антиклинали, осложненной более мелкими складками и диагональными тектоническими нарушениями, которые приурочены к восточной части зоны Караташского разлома (надвига). Здесь распространены породы большеинзерской свиты ( $R_1$ ), которые представлены нижней и согласно ее перекрывающей верхней толщами. Первая представляет собой сложнодислоцированную пачку сланцево-алевролитового состава, а вторая имеет существенно песчанистый состав с алевро-сланцевыми про-

слоями различной мощности. Рудная зона приурочена к западному крылу антиклинали и представлена серицит-полевошпат-кварцевыми песчаниками (рис. 30). В пределах месторождения установлены два дайкообразных тела габбродиабазов, которые прослежены в субмеридиональном направлении на расстоянии до 1 км. В непосредственной близости от рудной зоны они превращены в листвениты (березиты), а вмещающие их сланцы и алевролиты карбонатизированы и серицитизированы.



**Рис. 30. Геологическая схема и блок-диаграммы месторождения Улюк-Бар (по С.Г.Ковалеву и др., 1999).**

*Условные обозначения:* 1-сланцевые толщи, (кварц-углерод-серицитовые, серицит-углисто-кварцевые и серицит-кварцевые); 2-песчанниковые толщи (полевошпат-серицит-кварцевые и кварцитовидные в переслаивании со сланцевыми породами); 3-дайки диабазов и габбро-диабазов; 4-разрывные нарушения; 5- рудоносные кварцевые жилы.



Таблица 18

## Химический состав золотин месторождения Улюк-Бар

Элемент	1	1*	2	2*
Au	<b>90,494</b>	83,704	<b>91,134</b>	84,582
Ag	<b>3,332</b>	5,627	<b>3,442</b>	5,833
Pt	<b>3,101</b>	2,896	<b>2,089</b>	1,957
Pd	<b>0,786</b>	1,346	<b>0,678</b>	1,166
Ir	1,193	1,131	1,317	1,253
Rh	0,211	0,374	0,276	0,491
Fe	0,0	0,0	0,092	0,300
S	<b>0,377</b>	2,142	0,252	1,437
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,157	0,486	0,005	0,016
Si	<b>0,354</b>	2,296	<b>0,382</b>	2,483
Te	0,0	0,0	0,337	0,482
As	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ	100,003	100,0	100,003	100,0

*Примечание:* № 1-2-% элемента; \*-атомные %. Жирным выделены значения, превышающие величину ошибки. Анализы выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM-840 с приставкой «Link-860» при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек, в Институте сверхпластичности металлов (г. Уфа, по С.Г.Ковалеву и др., 1999).

Золото концентрируется в кварцевых жилах (часто приурочено к их зальбандам). Его содержания варьируют от следовых количеств до первых сотен г/т, составляя в среднем 2,9-5,2 г/т. Au представлено самородной формой, часто в виде включений в пирите и арсенопирите, а также в виде самостоятельных выделений на контактах зерен сульфидов. Размеры золотин варьируют от 0,001 до 0,5 мм (редко до 4 мм). Пробность его колеблется в пределах 870-960. Из элементов-примесей в нем установлена медь (от 0,01 до 0,15%). Проведенное нами изучение отдельных золотин из этого месторождения показало, что в их составе в значительных количествах присутствуют металлы платиновой группы (табл.18).

Кроме этого, повышенные концентрации ЭПГ были установлены П.Г.Кучеревским в песчано-сланцевых породах рудопроявления. В двух пробах, отобранных в отвалах штольни, атомно-абсорбционным методом установлены Pt – 0,009 -0,012 г/т и Pd – 0,007 г/т.

**Рудопроявление Кургашлинское** расположено в 1 км к северо-северо-востоку от рудопоявления Улюк-Бар и также как последнее, приурочено к зоне Караташского разлома (рис. 28). В результате поисковых работ, проведенные А.Л.Черновым с соавторами, было установлено, что геологические и вещественно-минералогические характеристики рудопоявления в основном близки изученным на месторождении Улюк-Бар.

Сложно построенные (лестничного типа) прожилково-жильные зоны имеют крутое падение, близсогласное с осевыми поверхностями складок. Мощность, протяженность и плотность жильного окварцевания довольно изменчивы.

**Рудопоявление «Рамеева жила»** расположено в 1,5 км южнее рудопоявления Улюк Бар (рис. 28). По материалам А.Л. Чернова и др., оруденение локализовано в сланцево-алебритовой толще большеинзерской свиты, залегающей стратиграфически выше рудовмещающих толщ рудопоявления Улюк-Бар. В структурно-тектоническом плане объект приурочен к ядерной части антиклинали вблизи ее периклинального замыкания. Ось складки ориентирована меридионально, а осевая поверхность круто падает на восток ( $65-70^\circ$ ).

Оруденение представлено серией золотоносных кварцевых жил, образующих субмеридиональную зону. Метасоматические преобразования пород в рудной зоне аналогичны описанным на рудопоявлении Улюк-Бар. Содержания золота в рудовмещающих породах составляют 0,2 г/т. Перспективы рудоносности этого рудопоявления связываются с золото-кварцевым оруденением в узких, шириной в 7-15 м, субмеридиональных зонах тектонической проработки, не оконтуренных до настоящего времени ни по простиранию, ни по падению.

Полученные в последнее время П.Г.Кучеревским новые данные по геохимическим особенностям потенциально рудоносного комплекса пород большеинзерской свиты показали, что для них в целом характерна повышенная золотоносность (от 0,005 до 0,032 г/т), при положительных кларках концентрации меди, цинка, хрома, никеля, титана, ванадия, иногда олова, и элементов платиновой группы (платины и палладия).

#### 4.6. Золото-шеелитовый тип

Среди месторождений золото-кварцевой формации П.Ф. Сопко выделяет объекты, принадлежащие к золото-шеелитовому минералого-геохимическому типу на основании находок в кварце рудных тел совместно с пиритом значительных количеств шеелита. К таким объектам на территории Республики относятся месторождения Ганеевское, Воронцовское и Возрождение (Сопко, 1977). В то же время В.А.Прокин выделяет этот тип в качестве самостоятельной рудной формации (см. табл. 9).

В данной работе мы включили эти объекты в состав золото-кварцевой формации в качестве самостоятельного минералого-геохимического типа ввиду того, что объекты немногочисленны и относительно слабо изучены.

**Ганеевское месторождение** расположено в 13 км юго-юго-восточнее г. Учалы. Месторождение было открыто и разрабатывалось старателями и впервые описано П.И. Соколовым в 1938 году. Согласно материалам С.Г.Варганова, за время эксплуатации на объекте было добыто 8,8 кг золота, а сама зона отработана до глубины от 4-5 до 12 м на протяжении свыше 90 м

Золотое оруденение приурочено к зоне расланцевания и лиственитизации диабазов, имеющей субмеридиональное простирание и сопряженной с Агыро-Буйдинским региональным разломом (рис. 31). По материалам И.С.Анисимова, оруденение генетически связано с Ахуновским гранитным массивом, который расположен в 5 км восточнее объекта, и контролируется Агыро-Буйдинским тектоническим нарушением. Всего на месторождении насчитывается 6 параллельных рудных тел.

Рудные тела имеют жиллообразную форму при мощности от 0,1 до 4 метров. Они не выдержаны по простиранию и часто имеют ветвящиеся контуры. Руды представлены жильным кварцем и лиственитами, пронизанными тонкими (1-3 см по мощности) прожилками кварца, в которых присутствует неравномерно распределенная вкрапленность окисленного пирита. Причем последний лимонитизирован до глубины 30-60 м. Довольно часто в рудах фиксируется шеелит.

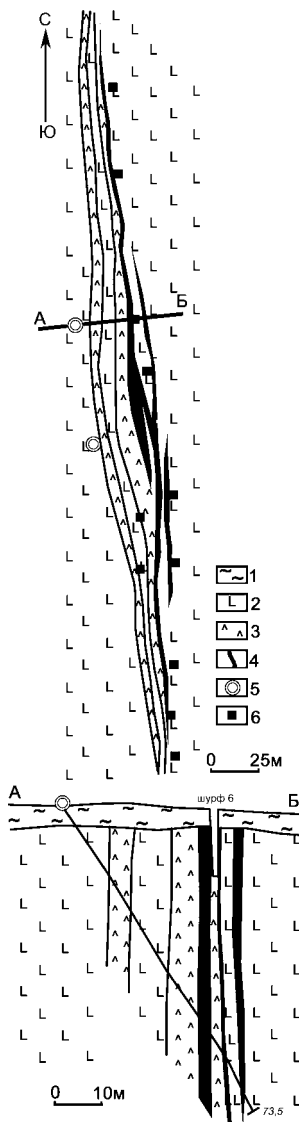
**Рис. 31. Геологическая схема и разрез Ганеевского месторождения (по материалам А.Л.Чернова).**

Условные обозначения: 1-кора выветривания, 2-диабазы, 3-листвениты, 4-рудные тела, 5-скважины, 6-шурфы.

Усредненный химический состав руд включает в себя:  $\text{SiO}_2$ -77,94%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -6,08%;  $\text{CaO}$ -0,87%;  $\text{MgO}$ -0,61%;  $\Sigma\text{Fe}$ -6,39-10,44%;  $\text{S}_{\text{общ}}$ -0,1%;  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ -0,6-0,65%.

Наиболее крупными рудными телами являются жила №1 (мощность до 1,6 м, протяженность – 225 м) и жила №2 (мощность до 5 м, протяженность – 220 м).

Содержания золота в рудных телах, согласно материалам А.Л.Чернова, изменяются в широких пределах (от 0,6 до 50 г/т), составляя в среднем 2,74 г/т. По отдельным рудным телам его количество изменяется в следующих пределах: жила №1 – от 1,0 до 50 г/т; жила №2 и №3 – от 2,0 до 4-5 г/т; жила №4 – от 1,0 до 18 г/т. Количество серебра на объекте более постоянно и составляет в среднем 5,5-5,6 г/т.



## Глава 5

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ

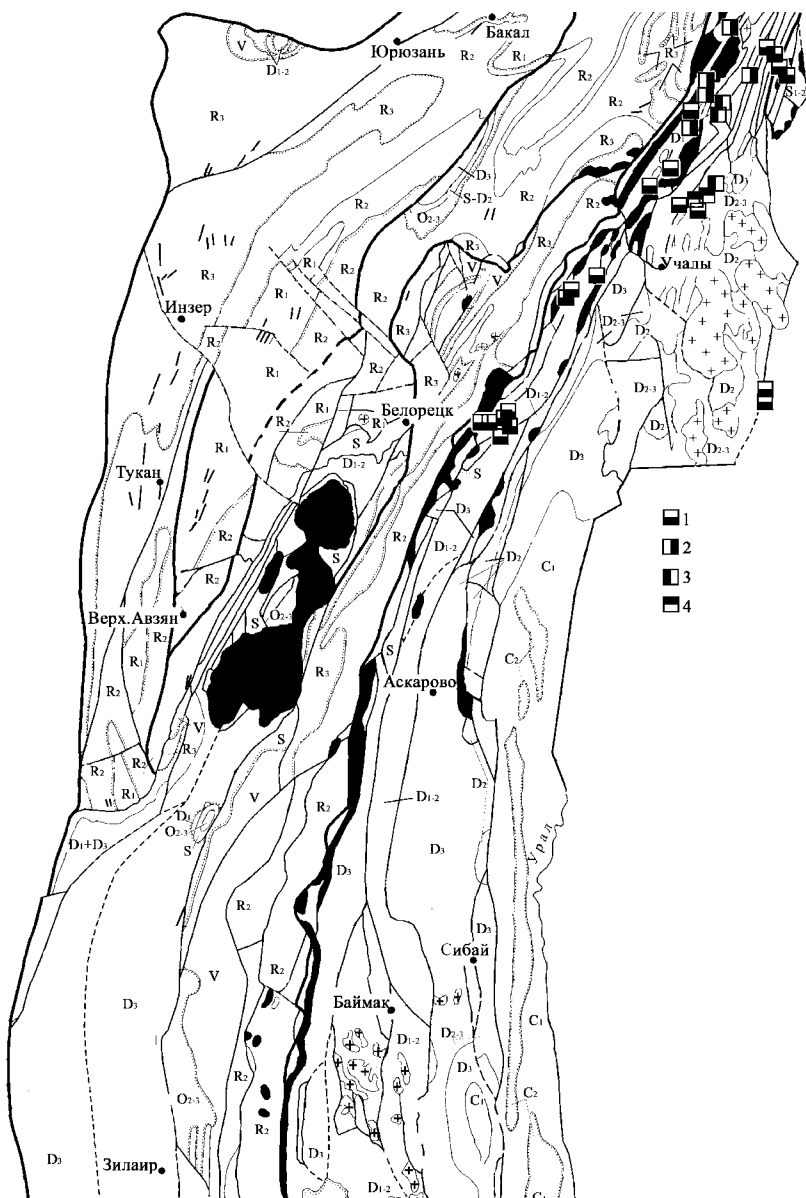
Месторождения золото-сульфидной формации наиболее широко распространены в пределах Магнитогорского мегасинклинория и гораздо реже встречаются в Зилаирском мегасинклинории и на территории Башкирского поднятия (рис. 32). По масштабам оруденения объекты этой формации являются относительно крупными и чаще всего представляют собой зоны вкрапленности или штокверки золотоносных сульфидов в рассланцованных породах различной формационной принадлежности. В зонах оруденения рудовмещающие породы претерпевают интенсивное метаморфo-метасоматическое преобразование, так что границы рудных тел в большинстве случаев нечеткие.

Наиболее распространенными рудными минералами месторождений являются пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит и блеклая руда. В зависимости от содержания второстепенных сульфидов выделяются золото-арсенопиритовый, золото-пиритовый, золото-халькопирит-пиритовый и золото-сфалерит-галенитовый минеральные типы.

Типичными представителями месторождений данной формации являются объекты Миндякского рудного поля, а также месторождения Орловское, Асфаньдияровское, Муртыкты и др.

#### 5.1. Золото-арсенопиритовый тип

К этому минеральному типу на территории Республики Башкортостан относятся месторождения: Орловское, Козьма-Демьяновское и рудопроявления: Ильичевское и другие. Все они расположены в северной части Учалинского района и залегают в зонах рассланцевания на контакте серпентинитов с кристаллическими сланцами или эффузивными породами.



**Орловское месторождение** расположено на правом берегу р. Миасс, в 0,5 км на юго-запад от пос. Орловское (рис. 33).

Месторождение было открыто в 70-х годах XIX века и эксплуатировалось с 1877 по 1898 года двумя шахтами. Второй этап освоения месторождения приходится на 30-40-е годы XX века, когда объект был не только детально изучен, но и разработан в значительной степени.

В структурном отношении объект приурочен к региональной зоне рассланцевания, на площади которой широко распространены порфириты, их туфы, известняки и серпентиниты. Вулканогенно-осадочные разновидности пород смяты в складки, большая часть которых запрокинута на запад. В пределах месторождения вскрыты две мощные зоны рассланцевания, в западной из которых находится собственно Орловское месторождение. К восточной зоне приурочено Асфандияровское месторождение, расположенное в 1-1,5 км южнее.

Рудными телами на Орловском месторождении являются интенсивно пиритизированные пироксен-плагиоклазовые порфириты, представленные телами сложной формы, с рассекающими их кварц-карбонатными прожилками. Довольно часто рудные тела образуют единую зону, простирающуюся на 200 м и имеющую мощность у поверхности около 10 м. Она имеет восточное падение (азимут 130°) под углом 70-75°.

По материалам Н.И.Бородаевского, рудные зоны насыщены кварц-карбонатными прожилками, имеющими простирание, общее с направлением зоны. Как правило, их длина достигает 20 м при мощности 1,5 см.

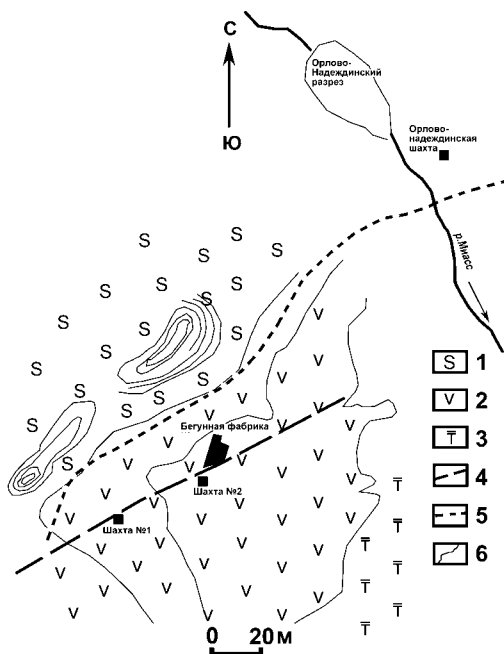
Золото в рудах месторождения преимущественно связано с сульфидами, которые в большинстве случаев представлены пиритом, реже арсенопиритом, халькопиритом и сфалеритом.

---

**Рис. 32. Схема распространения золоторудных объектов золото-сульфидной формации в пределах Республики Башкортостан (по материалам С.Г.Варганова, с изменениями и упрощениями).**

*Условные обозначения:* Минералого-геохимические типы: 1-золото-пиритовый, 2-золото-арсенопиритовый, 3-золото-халькопирит-пиритовый, 4-золото-сфалерит-галенитовый.

**Рис. 33. Геологическая схема Орловского месторождения (по материалам П.И. Еремеева).**  
Условные обозначения: 1-серпентиниты, 2-«мулдакаиты», 3-туфы, 4-рудная зона, 5-дорога, 6-горизонталли.



В пироксен-плагиоклазовых порфиритах сульфиды образуют либо неравномерную вкрапленность, либо наблюдаются в виде относительно мелких прожилков. Причем, максимальная сульфидизация фиксируется в узлах пересечения кварц-карбонатных прожилков.

Распределение золота в прожилках в целом пропорционально распределению сульфидов. Его содержание крайне неравномерно и, согласно материалам С.Г.Варганова, изменяется от следовых количеств до 175 г/т.

По материалам 1889 года, средние содержания золота в рудах составляли 5,1 г/т, а по данным 1949 года они колебались в пределах от 3,0 до 3,56 г/т, причем в пиритовых концентратах количества Au повышались до 4,2 г/т, при выходе пиритового концентрата в пределах 17%. По данным С.Г.Варганова, за все время эксплуатации Орловского месторождения из руд этого объекта было добыто более 800 кг золота.

**Козьма-Демьяновское месторождение** было открыто старателями в конце XIX века (1899 год) и эксплуатировалось до

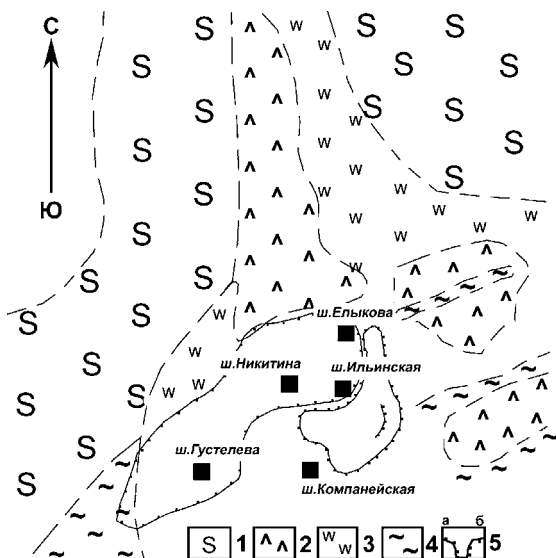


40-х годов XX века. О богатстве месторождения можно судить по материалам М.В.Захера, в которых говорится о том, что на одной из жил месторождения за три года работы было получено около 20 пудов золота.

Месторождение приурочено к зоне рассланцованных серпентинитов, в которых изредка сохраняются реликтовые структуры ультраосновных пород (рис. 34). В серпентинитах присутствуют сложнодислоцированные линзы и глыбы кварц-слюдисто-полевошпатовых сланцев кембрий-силурийского(?) возраста. К контактам сланцев приурочены тела лиственитов и тальк-карбонатных пород, которые, по мнению С.Г.Варганова, генетически связаны с щелочными порфирами, частично переходящими в альбитовые гранит-порфиры.

**Рис. 34. Геологическая схема Козьма-Демьяновского месторождения (по материалам М.В.Захера).**

Условные обозначения: 1-апоперидотитовые серпентиниты, 2-листвениты, 3-карбонатизированные и оталькованные апоперидотитовые серпентиниты, 4-тальк-карбонатные породы («беляки»), 5-отвалы (а) и горные выработки (б).



В рассланцованных сланцах, кварцитах и тальк-карбонатных породах сульфиды представлены вкрапленностью пирита, арсенопирита, халькопирита (редко) и сфалерита с преобладанием первого и второго минералов. Пирит представлен мелкими кристалликами кубического и пентагондодекаэдрического

габитуса. Кроме всего прочего, в них присутствуют альбит, магнетит и кварц.

Рудная толща окружена ореолом карбонатизированных и оталькованных серпентинитов мощностью 10-20 м, постепенно переходящих в серпентиниты, не затронутые гидротермальными изменениями.

Рудное тело не выдержано по мощности и на контакте с серпентинитами выклинивается. По простиранию оно контролируется прожилками карбонатов, согласными со слоистостью сланцев. По материалам Н.И.Бородаевского на месторождении с 1899 по 1910 года было добыто 1261,2 т руды со средними содержаниями золота 28,4 г/т, причем содержания Au варьировали от 7,5 до 93,7 г/т. В 1925 в 6 бороздовых пробах лиственитов были установлены следующие содержания золота : 0,3, 0,25, 0,75, 1,0, 1,3, и 1,85 г/т. Кроме этого, одна из отобранных проб из другого участка показала содержания Au – 2,05 г/т. По материалам С.А.Ткачева, среднее содержание золота в породах этого месторождения составляло около 7 г/т. Кроме того, по материалам этого же автора, в рудах были установлены повышенные содержания мышьяка (до 2,5%), никеля (до 0,47%), серебра (до 14,2 г/т) и цинка (до 0,16 %).

Низкая пробность добываемого золота (740-800) позволила С.Г.Варганову сделать вывод о его ассоциативной связи с арсенопиритом. По материалам того же автора, за все время эксплуатации месторождения было добыто 357,1 кг золота.

**Ильичевское рудопроявление** расположено в тектонической зоне смятия и рассланцевания, секущей серпентиниты, которые в ее пределах превращены в листвениты и тальк-карбонатные породы, отделенные от неизмененных серпентинитов зонами карбонатизации. Листвениты пронизаны кварцевыми и карбонатными прожилками, простирающимися на северо-восток и имеющие западное падение под углами 30-40°.

Высокие содержания золота приурочены к трещинам скольжения, выполненных кварцем, где оно наблюдается в ассоциации с пиритом и арсенопиритом. Содержания золота в измененных лиственитах, по материалам С.Г.Варганова, колеблется в пределах 2-3 г/т, а в этих же породах без признаков окварцевания понижается до 0,7 г/т.

## 5.2. Золото-пиритовый тип

Рудные объекты этого минерального типа в пределах Республики Башкортостан представлены тремя крупными месторождениями (Благодатное, Ремезовское и Южно-Ремезовское), несколькими малыми месторождениями (Верхне-Убалинское, Нижние (Средние) Убалы, Косой пласт, Красная горка, Мало-Муйнаковское, Россыпнинское и Северо-Благодатное), Александровское, расположенными в Учалинском районе Республики и довольно многочисленными рудопроявлениями: Амангельдинское, Белая жила, Березовая роща, Голые горки, Казаккуловское и другие.

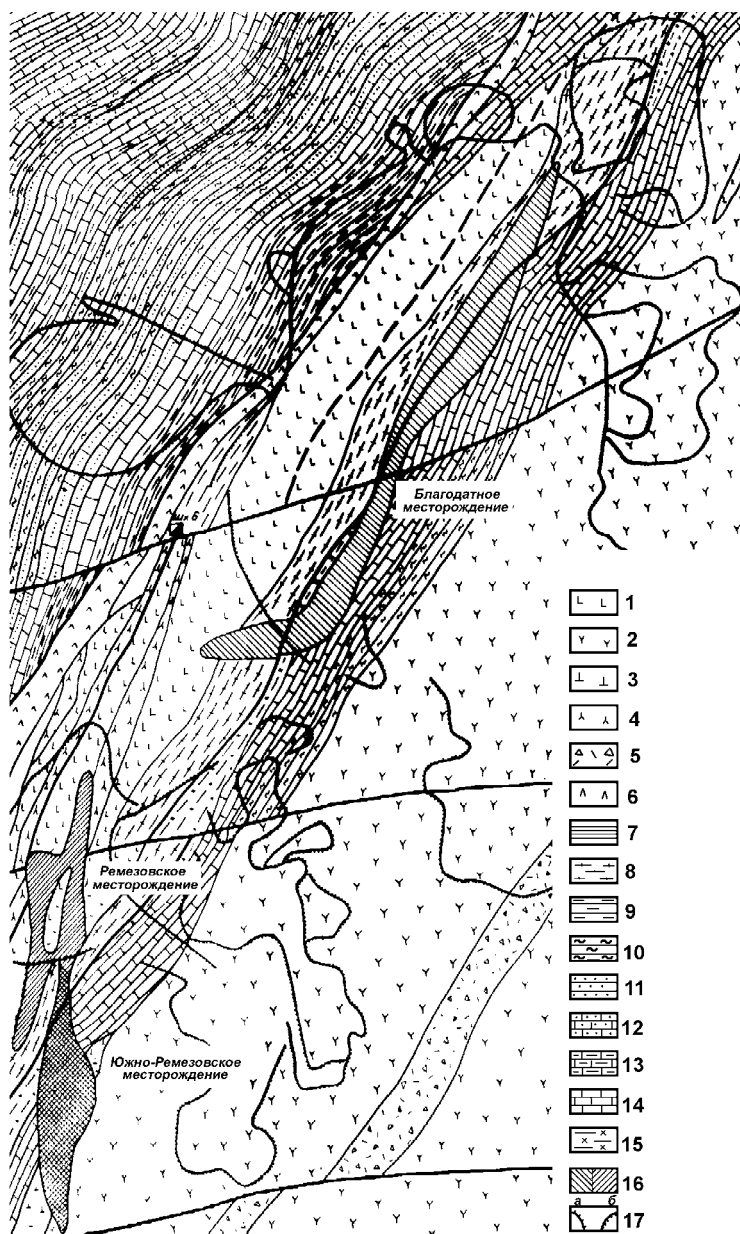
Наиболее типичными и хорошо изученными месторождениями этого минерального типа являются объекты, расположенные в пределах *Миндякского рудного поля* (рис. 35): Благодатное, Ремезовское, Южно-Ремезовское, Красная горка и Северо-Благодатное).

Собственно *Миндякское рудное поле* известно с 30-х годов XX века. Его отдельные месторождения эксплуатировались в период с 1934 по 1997 год.

В различное время и с разной степенью детальности изучением рудного поля занимались Н.И.Бородаевский, Г.А.Резвых, А.Ф.Фоминых, А.Г.Акиншина, Ю.И.Новожилов, Г.А.Морозов, В.Ф.Созинов, Ш.Н.Кац, К.А.Швалев, С.Г.Варганов, И.С.Вахромеев, Ю.В.Казанцев, С.Е.Знаменский и многие другие.

Структурно рудное поле расположено в зоне ГУРа, на западном крыле Магнитогорского мегасинклинория, в пределах Миндякской синклинали, осложненной складчатостью высшего порядка. В ее центральной части отмечено брахиантиклинальное поднятие, опрокинутое на запад, в ядре которого обнажаются плагиоклазовые порфириды березовской свиты. Ось структуры простирается на северо-восток (25-30°). Восточное крыло складки прорывается довольно многочисленными интрузиями габбро. Западное крыло также имеет опрокинутое восточное падение под углами 50-80°.

По данным С.Е.Знаменского, структура месторождения представляет собой линейную антиформу северо-восточного простирания, образованную пакетом тектонических пластин и осложненную серией продольных взбросов юго-восточного падения (Серавкин, Знаменский, Косарев, 2001).



Дизъюнктивные нарушения, распространенные в пределах района, по мнению С.Г.Варганова, имеют различные направления и амплитуды и подразделяются на 5 групп.

К первой группе отнесены региональные тектонические нарушения, которые с востока и запада ограничивают Миндякскую синклиналь. Наиболее крупным из них является западный Уралтауский разлом (надвиг), трассирующий границу совмещения метаморфических сланцев докембрийского возраста с породами Миндякского массива. Дорудные нарушения второй группы, выделенные А.Г.Акиншиной, считаются второстепенными и приурочены к контактам между породами колтубанской, зилаирской, березовской и кизильской свит. К третьей группе относятся нарушения северо-восточного простирания, проходящие через месторождения Благодатное и Ремезовское, от широты Куш-Таша до Среднего лога.

Г.А.Резвых и А.Ф.Фоминых выделяют эту группу в качестве зоны главного разлома, породы внутри которой с запада превращены в листвениты, тальк-карбонатные породы, хлоритовые и тальк-хлоритовые сланцы с развитием жил метасоматического кварца. В восточной зоне развиты светло-зеленые и зеленые хлоритовые и тальк-хлоритовые сланцы и гораздо реже отмечаются листвениты и жилы метасоматического кварца. В практическом отношении, по материалам ранее проведенных работ, наибольший интерес представляет «Центральная» зона, которая прослеживается в пределах всего рудного поля и выражена зонами лиственитизации и дайками габбро. К висячему боку этого нарушения тяготеют рудные тела месторождения Южно-Ремезовское, а также Северо-Благодатное, Красная горка и, по видимому, Куш-Таш.

---

**Рис. 35. Геологическая схема Миндякской рудной зоны (по материалам С.Г.Варганова).**

*Условные обозначения:* 1-диабазы и диабазовые порфириды, 2-плагиоклазовые (андезитовые) порфириды, 3-дациты и их туфы, 4-габбро-диабазы, 5-лавобрекчии и туфобрекчии эффузивов среднего состава, 6-листвениты, 7-кремнистые сланцы, 8-серпентин-хлоритовые сланцы, 9-углисто-глинистые сланцы, 10-глинистые сланцы и аргиллиты, 11-полимиктовые песчаники, 12-известковистые песчаники, 13-известково-глинистые сланцы, 14-известняки, 15-хлоритовые и тальк-хлоритовые сланцы, 16-рудные тела, 17-контуры: а-отвалов, б-карьеров.

Четвертая группа – это нарушения запад-северо-западного направления, контролирующие размещение рудопроявлений, которые выражаются в порфиритах и диабазах зонами дробления, сопровождающимися гидротермальными изменениями пород.

Последняя группа – это пострудные нарушения сбросово-сдвигового характера с небольшими амплитудами, имеющие восток-северо-восточное простирание и крутые углы падения (по материалам А.Г.Акиншиной, Г.А.Резвых, А.Ф.Фоминых).

Принципиально другой позиции придерживается С.Е.Знаменский, выделяющий пятую, собственно рудную стадию и 6 – после-рудную, характеризующуюся «реактивацией ранее заложенных разломов» (Серавкин, Знаменский, Косарев, 2001).

**Благодатное месторождение** расположено среди интенсивно пиритизированных и лиственитизированных диабазов (рис. 35). Кроме них на площади развиты пиритизированные серпентин-хлоритовые сланцы и листвениты, контактирующие с оруденелыми диабазами. В лиственитизированных диабазах, по материалам С.Г.Варганова, содержания золота составляет 10-15 г/т, иногда достигая 30 г/т.

На глубоких горизонтах, в неизмененных диабазах среднее содержание золота равно 5-7 г/т. Повышенные содержания Au тяготеют к участкам развития внутрирудных тектонических нарушений, по которым, как правило, прослеживаются контакты рудного тела. Протяженность последнего по простиранию достигает 200 м, а по падению – 560 м.

**Южно-Ремезовское месторождение** представлено тремя телами, сложенными различными типами руд. По материалам В.А.Ладыгина, первое рудное тело имеет форму удлиненной линзы, осложненной пострудными тектоническими нарушениями с азимутом простирания северо-восток 60° (рис. 35). Оно сложено зелеными диабазами, насыщенными кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками с пиритом, а также прокварцованными диабазами с вкрапленностью мелкозернистого пирита. Среднее содержание золота в рудах составляло 15 г/т.

Второе рудное тело вскрыто подземными выработками на глубине 187 м. Оно приурочено к линзе серицитизированных туффито-алевролитов. Тело имеет субмеридиональное простирание и прослежено на 55 м при средней мощности около 15 м. Среднее содержание золота в рудах составляло 4-5 г/т. Работа-

ми, проведенными С.Г.Варгановым, было установлено, что диабазы имеют более высокие содержания золота по сравнению с осадочными породами.

Третье рудное тело по морфологии аналогично первому, и сложено зелеными диабазами с вкрапленностью пирита и многочисленными кварц-карбонатными прожилками с пиритом. Более богатые руды представлены лиственитизированными их разновидностями. И те и другие рассечены многочисленными внутрирудными и пострудными тектоническими нарушениями северо-восточного простирания ( $320-330^\circ$ ). Само тело прослежено на расстояние до 80 м при мощности около 12 м. Среднее содержание золота в лиственитизированных диабазах составляет около 20 г/т.

Общей специфической особенностью руд, слагающих объекты Миндякского рудного поля, является приуроченность золота к пириту, в монофракциях которого его количество является стабильным и составляет 18-22 г/т. Среднее содержание пирита в рудах составляет около 10%. Другие сульфиды встречаются гораздо реже. Золото встречается и в кварцевых прожилках, пронизывающих руды.

Кроме этого, ранее проведенными работами, в составе руд установлены следующие нерудные и рудные (редко) минералы: доломит, хлорит, кальцит, альбит, кварц, серицит, калиевый полевой шпат, мелилит, анкерит, пирит, графит, рутил, брукит, халькопирит, золото, смальтин, пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, блеклая руда и галенит.

**Александровское месторождение** расположено в 4 км юго-восточнее с. Вознесенское и в 100-200 м северо-восточнее месторождения Малый Каран. Месторождение разрабатывалось открытым способом двумя карьерами и с помощью подземных выработок.

Структурно оно приурочено к зоне Малокумачинского разлома, выполненного рассланцованными золотоносными лиственитами, которые образуют кулисообразные тела, прослеженные на протяжении 3 км (рис. 36). Относительно друг друга эти тела смещены по тектоническим нарушениям северо-западного и северо-восточного направлений. Мощность всей рудоносной зоны достигает 300 м, а отдельных минерализованных тел лиственитов не превышает 50 м.

Собственно рудные тела представлены линзами лиственитизированных туффигов с сульфидной вкрапленностью, расположен-

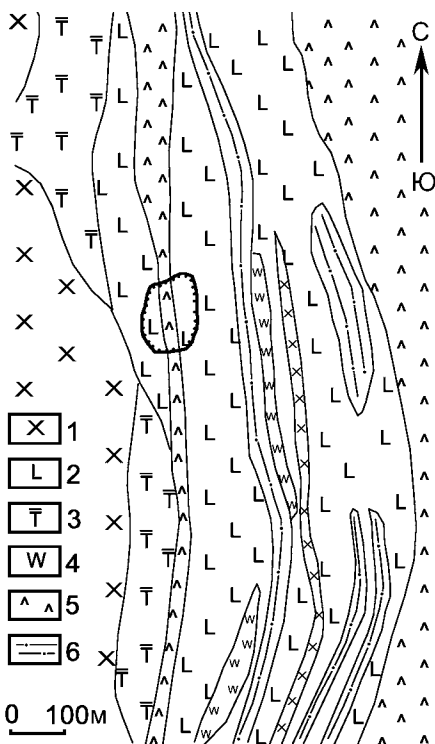
ных среди лиственитизированных агломератовых туфов и туффи-тов ирендыкской свиты. Химические анализы пород, составляющих рудные тела, показали присутствие в них повышенных количеств серебра (от 2,0 до 10,6 г/т), меди (до 1,63%), цинка (от 0,18 до 0,39%) и железа (5,63-12,7%).

**Рис. 36.** Геологическая схема Александровского месторождения (по материалам С.Г.Варганова, с упрощениями).

Условные обозначения: 1-диориты, 2-диабазы, 3-туфы пироксен-плагиоклазовых порфиритов, 4-серпентиниты, 5-листвениты, 6-кремнистые сланцы.

Горными выработками на месторождении были вскрыты две группы линз, подразделяемые на Западную и Восточную. Как правило, прослежены они на расстояние до 370 м при мощности 3-4 м. Рудная минерализация представлена преимущественно пиритом. Среднее содержание золота, согласно материалам С.Г.Варганова, по Западной линзе составляет около 9 г/т, а по Восточной – 5 г/т.

Кроме этого, нами (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001) были получены новые материалы по содержаниям платиноидов и золота в породах и рудах этого месторождения. Результаты проведенного изучения приведены в таблице 14, на основе которых следует констатировать, что в целом для этих пород и руд





характерна палладий-платино-золотая специализация при практически полном отсутствии родия, рутения и иридия.

Таблица 14

Содержания МПП и Au (в г/т) в породах и рудах  
Александровского месторождения

Тип пород	Pt	Pd	Ru	Rh	Ir	Au
Метасоматит с вкраплен. сульфидов	0,14	0,07	0,0	0,0	0,0	0,34
	0,09	0,07	0,0	0,0	0,0	0,14
	0,11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23
Метасоматит лиственитиз. окварцеванн.	0,12	0,07	0,0	0,0	0,0	0,22
	0,05	0,07	0,0	0,0	0,0	0,16
	0,07	0,03	0,0	0,0	0,0	0,15

*Примечание:* Анализы выполнены спектрохимическим и атомно-абсорбционным методами в лабораториях ИГ УНЦ (г. Уфа) и ИГЕМ (г. Москва) (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Амангельдинское рудопроявление** расположено в 6 км к юго-западу от пос. Миндяк. Рудопроявление было открыто при поисковых работах 1958-1964 годов. В разное время его изучением занимались Г.А.Резвых, Ш.Н.Кац с соавторами и Н.А.Швалев и др., в период с 1958 по 1981 год.

В результате проведенных работ было установлено, что оруденение локализовано в зоне пересечения Казаккуловского надвига и субширотных разломов, осложняющих Аблязовскую синклиналь.

Рудовмещающими породами являются диабазы, залегающие в виде тектонического блока. В пределах рудной зоны они брекчированы и лиственитизированы.

Рудное тело, подсеченное одной скважиной, залегает субмеридионально с падением на восток под углами 40-50°. Оно представлено вкрапленными разновидностями руд. В качестве рудных вкрапленников выступают кристаллики пирита (в количестве до 5%) со средними размерами до 2 мм.

Среди нерудных минералов широко распространены кварц, карбонат и хлорит.

**Рудопроявление Белая жила** расположено в 6 км западнее д. Сафарово и в 6,5 км юго-западнее месторождения Муртыкты.

Объект разрабатывался старателями карьерным и шахтным способами до глубины 35 м и впервые детально был описан Н.И.Дингельштедтом в 1927 году.

В результате проведенных работ, С.А.Ткачевым было установлено, что оруденение приурочено к субмеридиональной зоне рассланцевания, расположенной на контакте интрузивного тела диоритов с метабазами, диабазами и кремнистыми туффидами силурийского возраста.

В пределах рудной зоны, которая имеет неопределенную форму, диориты березитизированы, а метабаза и туффиды лиственитизированы, причем как в первых, так и во-вторых, широко развита пиритизация.

Рудная зона простирается на восток и под крутым углом (около 85-90°) падает на север. Длина собственно рудного тела составляет около 75 м при средней мощности 0,15 м.

Рудой являются пиритизированные диориты с кварцевыми прожилками, в которых, кроме халькопирита, галенита и ковеллина, присутствует золотосодержащий пирит пентагондокаэдрического габитуса. Довольно часто встречается самородное (видимое) золото, содержания которого в рудах, согласно материалам С.А.Ткачева, составляют в среднем 29,9 г/т.

**Верхне-Убалинское месторождение** представляет собой рассланцованную зону, приуроченную к контакту серпентинитов с диабазами. Рудовмещающие породы пронизаны кальцитовыми прожилками, содержащими вкрапленники золотосодержащего пирита. Его количество в рудах довольно переменчиво и составляет в среднем 10-12%.

Близкое геологическое строение имеет **Мало-Муйнаковское месторождение**. В пределах этого объекта мощность рудной зоны колеблется от 0,5 до 1,5 м с восточным падением под углом 70-75°. Рудным минералом, также как и на описанном выше Верхне-Убалинском месторождении, является золотосодержащий пирит. Причем, как по первому, так и по второму объекту более подробные материалы о форме нахождения Au и его минеральных видах в литературе отсутствуют. Среднее содержание золота в рудах Мало-Муйнаковского месторождения, по материалам С.Г.Варганова, составляет около 5,5 г/т.

**Месторождение Нижние Убалы (Средние Убалы)** расположено на левом берегу р. Убалы, в 2,5 км восточнее д. Мулдашево. Объект известен с 1925 года и разрабатывался в период с 1927 по 1928 года шахтами и открытыми разрезами.

Оруденение приурочено к полосе плотных туфов плагиоклазовых порфиритов, «переслаивающихся» с туффитами и известняками, которые контактируют на западе с серпентинитами.

По данным Н.И.Бородаевского и М.А.Смирнова, месторождение представлено тремя рудными телами (рис. 37), первое из которых имеет северо-западное простирание по азимуту  $346^\circ$  (прослежено на расстоянии около 20 м) и юго-западное падение под углом  $45^\circ$ . Элементы залегания второго тела близки к элементам залегания первого (азимут простирания северо-запад  $346^\circ$ , падение юго-западное), его длина по простиранию составляет около 40 м.

Третье тело имеет северо-восточное простирание по азимуту  $42^\circ$  и северо-западное падение при длине рудного тела 47 м.

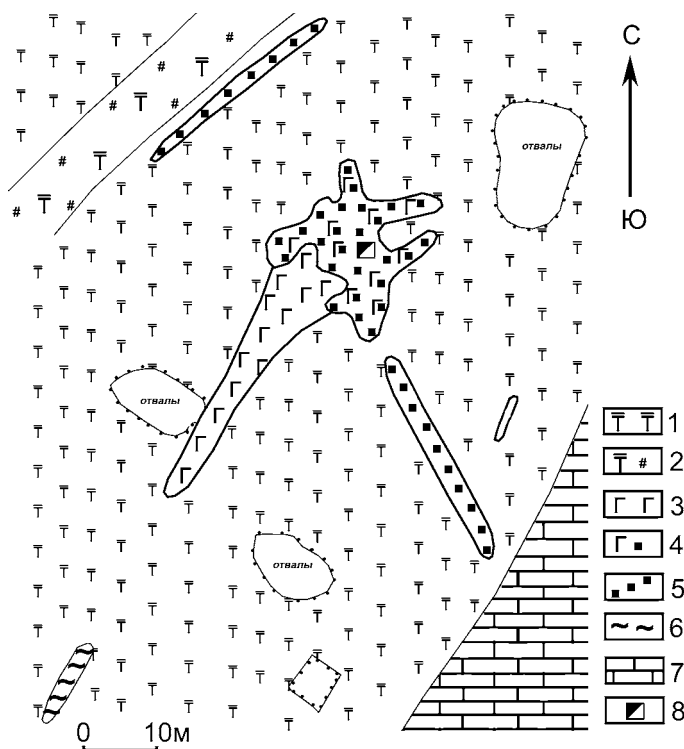
Рудой на золото являются в значительной степени метаморфизованные габбродиабазы и серо-зеленые туффиты с тонкими прожилками и линзочками кварца и розоватого полевого шпата (альбита), импрегнированные полуокисленным пиритом кубического габитуса со средними размерами до одного см, развивающимся по трещинам отдельности.

Золото присутствует в свободном состоянии в виде тонких пластинок, располагающихся на плоскостях кливажа, а также в виде мелких вкраплений в туффитах и габбродиобазах. Распределение его крайне неравномерное, изменяющееся от единичных выделений до небольших, видимых невооруженным глазом, скоплений.

Содержания золота в породах колеблются в широких пределах. Так по данным Н.И.Бородаевского, в пробах из открытых выработок и шахты (до горизонта 10 м) были установлены следующие содержания Au (в г/т): 4,7; 5,1; 40,2; 152,5. Причем, среднее содержание по горизонтам шахты №1 составило 6,10 г/т, при разбросе значений от 2,68 до 10,12 г/т; а по горизонту 14-16 м карьера №5, среднее содержание – 8,36 г/т при разбросе значений от 2,0 до 18,8 г/т.

**Россыпнинское месторождение** приурочено к рассланцованной зоне в серпентинитах, простирающейся в северо-восточном направлении с падением на северо-запад под углом  $45^\circ$ . Ру-

довмещающие породы оталькованы, окварцованы и карбонатизированы. По мнению С.Г.Варганова, рудное тело месторождения имеет пластообразную форму и представлено осветленными серпентинитами с выделениями хризотила, магнетита, пирита, пентландита и самородного золота со средним содержанием последнего до 5,5 г/т.



**Рис. 37. Геологическая схема месторождения Нижние Убалы (по материалам М.А.Смирнова).**

*Условные обозначения:* 1-полосчатые зеленовато-серые туффиты, 2-фиолетовые туффиты, 3-метаморфизованные мелкозернистые габбро-диабазы, 4-метагаббродиабазы с пиритом, 5-туффиты и габбродиабазы с пиритом, 6-туффиты с прожилково-гнездовой альбитизацией, 7-известняки, 8-шахта.

**Месторождение Косой пласт**, по данным М.А.Смирнова, приурочено к измененным кремнистым сланцам с гнездами и прожилками бурых железняков и кварца. Падение кремнистых сланцев западное под углом 80°. Их мощность изменяется от 0,5 до 3,0 м.

По материалам С.Г.Варганова, золото связано с пиритом, а его содержания составляют в среднем 6-7 г/т.

**Рудопроявление Березовая Роща** характеризуется специфическим строением, которое заключается в том, что западная зона рудопроявления расположена на контакте верхнепротерозойских сланцев с эффузивами нижнего палеозоя, а восточная – на контакте нижнепалеозойских эффузивов с породами зилаирской серии. Длина зоны рудопроявления достигает 8 км при ширине до 250 м. Эффузивы, расположенные в зоне, пиритизированы и содержат золото в количестве от 0,2 до 0,8 г/т при средних содержаниях серебра – 2,8 г/т. В южной оконечности рудопроявления довольно широко распространены лиственитизированные и пиритизированные породы с прожилками кварца переменной мощности. Содержание золота в этих породах, по материалам С.Г.Варганова, повышается до 2 г/т, но в то же время, на глубине 50-60 м, оно падает до 0,2 г/т.

**Рудопроявление Кербия** приурочено к контакту диабазов с кремнистыми туффитами.

**Рудопроявление Мазаринское** приурочено к рассланцованным и пиритизированным песчаникам и глинистым сланцам. Мощность рудной зоны составляет около 14,5 м, прослежена она до глубины 60 м, причем, как было установлено ранее проведенными работами, с глубиной интенсивность оруденения затухает. Среднее содержание золота, согласно данным С.Г.Варганова, в рудах объекта составляло 5 г/т.

**Рудопроявление Белое озеро** приурочено к рассланцованной зоне, расположенной на контакте дацитов с туфами диабазов. Рудная зона прослежена по простиранию на расстояние более одного км. Оруденение представлено густой вкрапленностью золотоносного пирита.

**Рудопроявления Суяргуловское и Голые горки** приурочены к тектоническим контактам, в которых измененные породы

насыщенны вкрапленниками пирита и халькопирита. Содержание золота, по материалам С.Г.Варганова, в первом объекте составляет 0,2 г/т, при содержаниях серебра до 7 г/т, а во втором – до 5 г/т.

С диабазами, насыщенными обильной вкрапленностью пирита, связаны рудопоявления **Уральское** (1,3 г/т, редко до 14 г/т Au) и **Казаккуловское** (до 0,6 г/т Au).

**Рудопоявление Карасульское** приурочено к рассланцованным туфам и порфирирам. Согласно материалам С.Г.Варганова, оруденение представлено вкрапленностью пирита с содержанием золота до 0,8 г/т.

**Мусинское рудопоявление** приурочено к кварц-слюдисто-графитовым сланцам с прослоями метаморфизованных эффузивов. Оруденение представлено золотосодержащим пиритом. Более подробные данные отсутствуют.

### 5.3. Золото-халькопирит-пиритовый тип

**Месторождение Красная жила** было открыто старателями в 1926 году и впервые описано Н.Н.Дингельштедом в 1927 году. Объект разрабатывался в период с 1926 по 1949 года.

Структурно месторождение приурочено к зоне Краснохтинского разлома, осложняющего юго-восточное крыло Поляковской антиклинали, простирающейся на северо-восток по азимуту 30°. По материалам Я.Я.Вещлера, оруденение представлено пиритизированными кварцевыми жилами, которые приурочены к небольшим зонам рассланцевания и смятия.

По более поздним материалам И.А.Мелашич, оруденение приурочено к эндо- и экзоконтактам даек диоритов и габбро-диоритов, прорывающих диабазовые порфириды поляковской свиты вдоль юго-восточного контакта серпентинитового тела. Последнее прорвано штокообразным телом плагиогранитов, с которыми в районе генетически(?) связано золото-сульфидное оруденение. Рудовмещающие породы подверглись значитель-

ной лиственизации, окварцеванию, оталькованию, серицитизации и пиритизированы.

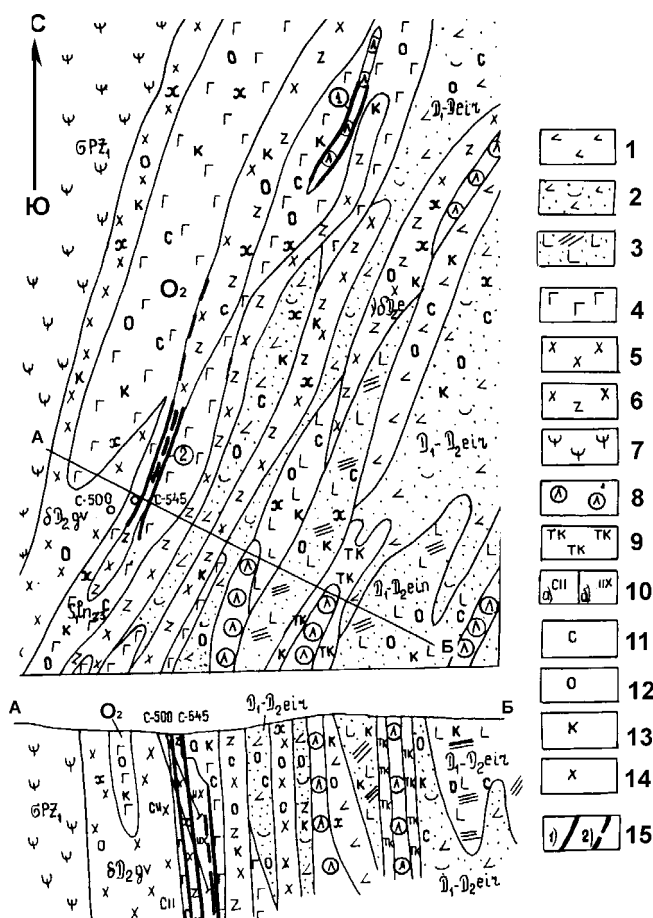
В пределах месторождения условно выделяются две группы рудных тел – Северная и Южная (рис. 38). В пределах обеих групп тела имеют жилообразную форму, северо-восточное простирание и близкое к вертикальному, юго-восточное падение. Тела северной группы прослежены по простиранию на 180-220 м, а по падению на 80-110 м. Южные тела простираются на 600-1200 м, а по падению прослежены на 90-240 м.

Среди рудных минералов в жилах установлены пирит, халькопирит, пирротин, золото, гидрогетит, малахит, сфалерит, арсенопирит. Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, арагонитом, хлоритом, серицитом, тальком и эпидотом. Содержание сульфидов в рудах достигает 30%, причем пирит имеет пентагондодокаэдрический габитус, а золото встречается в пылевидной форме и чаще всего связано с последним.

На месторождении присутствуют две разновидности руд: окисленные и первичные. Первичные прожилково-вкрапленные руды представлены пиритом, халькопиритом и сфалеритом (Северная группа) и пиритом, халькопиритом и пирротинном (Южная группа). Окисленные руды – бурые железняки с реликтами сульфидов развиты до глубины 20-25 м.

В химическом составе руд, исследованиями И.А. Мелашин, установлены следующие элементы:  $\text{SiO}_2$ -72,7%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -0,35%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -14,9%;  $\text{CaO}$ -1,2%;  $\text{MgO}$ -0,4%;  $\text{MnO}$ -0,2%;  $S_{\text{общ}}$ -0,25%. Кроме этого в них присутствуют цинк (0,5%), мышьяк (4,8%), сурьма (0,05%), селен (63 г/т) и серебро в количестве до 25 г/т. По данным того же автора, среднее содержание золота по месторождению составляло 3,8 г/т.

Проведенное нами изучение пород и руд этого рудопроявления показало, что в массивных медноколчеданных рудах содержание золота составляет от 0,52 до 1,5 г/т; в прожилковых халькопирит-пиритовых разновидностях – от 0,08 до 1,60 г/т; в окисленных бурожелезняковых рудах – 0,20 г/т; в жильном кварце из бурых железняков – 0,10 г/т; в бурых железняках – 0,51 г/т. Кроме того, в рудах были установлены повышенные содержания платиноидов (в г/т): Pt-0,10-0,42; Pd-0,03-2,20; Ru-0,04-0,12; Rh-0,08-0,15 (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001).



**Рис. 38. Геологическая схема и разрез месторождения Красная жила (по материалам И.А.Мелашич).**

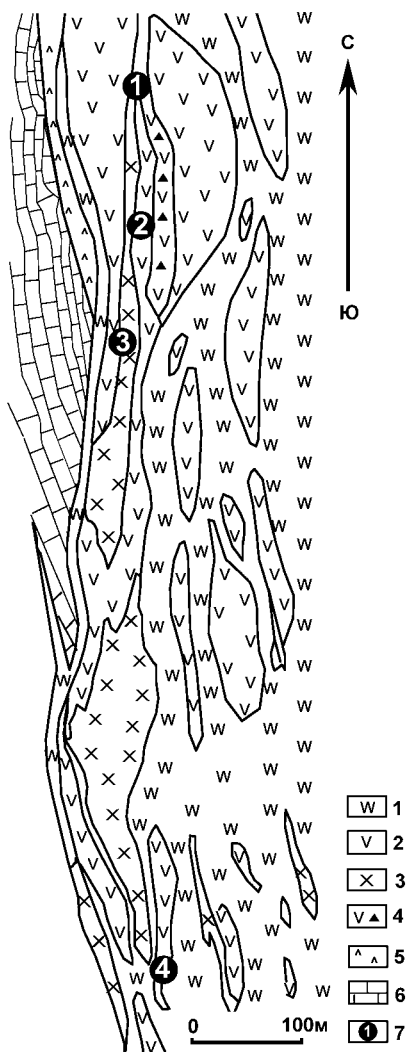
**Условные обозначения:** Ирландская свита ( $D_1-D_2ir$ ): 1-пироксен-плагиоклазовые порфириды, 2-туфы пироксен-плагиоклазовых порфиритов, 3-туфиты андезито-базальтового состава; Поляковская свита ( $O_2$ ): 4-диабазовые порфириды; Интрузивные породы: 5-диориты, 6-габбро-диориты, 7-серпентиниты, 8-листвениты, 9-талк-карбонатные породы, 10-метасоматиты (а-серицит-кварцевые, б-кварц-хлоритовые), 11-серицитизация, 12-окварцевание, 13-карбонатизация, 14-хлоритизация, 15-рудные тела (а-выходящие на поверхность, б-проекция слепых рудных тел). Цифры 1 и 2 в кружках – Северная и Южная группы соответственно.



**Карагайкульское рудопроявление** известно с 1900 года и эпизодически эксплуатировалось до 1945 года (рис. 39). За время разработки на объекте было добыто 17,5 кг золота. К настоящему времени оно отработано до глубины 30 м, а по простиранию на 75 м.

**Рис. 39. Геологическая схема расположения Карагайкульского рудопроявления и рудопроявления Аптряшка (по материалам В.А.Гаврилова).**  
*Условные обозначения:* 1-серпентиниты, 2-базальты миндалекаменные и афировые нерасчлененные, 3-диориты, 4-туфы базальтового состава, 5-пироксен-плагиоклазовые андезиты и андезито-базальты, 6-известняки, 7-золоторудные месторождения и рудопроявления (1-Аптряшка, 2-Промежуточная зона II, 3-Промежуточная зона I, 4-Карагайкульское).

Рудопроявление приурочено к Яльчигулово-Аптряшевскому взбросо-надвигу, прослеженному в субмеридиональном направлении. На рудопроявлении по тектоническому нарушению контактируют габбро-диориты с серпентинитами. Первые представлены массивом размером 0,3×1,0 км, прорывающим диабазы поляковской свиты и серпентиниты. Массив, в свою



очередь, сечется более молодой интрузией кварцевых диоритов близкого возраста. Габбро-диориты расположены в лежащем боку тектонического нарушения, падающего на восток под углом 80°, а в висячем установлены серпентиниты. И те и другие интенсивно рассланцованы, а в тектонической зоне мощностью около 5 м, милонитизированы, оталькованы, карбонатизированы и окварцованы. Кроме того, наблюдается сильное ожелезнение пород с превращением части субстрата в бурые железняки. К этой тектонической зоне и оперяющим ее трещинам приурочены кварцевые и кварц-альбитовые жилы и прожилки мощностью до 5 см с вкрапленностью пирита, халькопирита и галенита, а также дайки диоритов и кварцевых диоритов с обильной вкрапленностью пирита, реже халькопирита.

Таблица 18

Содержание благородных металлов (в г/т) в породах и рудах  
Карагайкульского рудопоявления

Место отбора	Порода	Au	Ag
карьер	Серицит-кварц-карбонатный метасоматит с вкрапленностью сульфидов до 30%	2,0	1,5
карьер	Серицит-кварц-карбонатный метасоматит с пиритом и халькопиритом	0,4	1,3
карьер	Карбонат-серицит-кварцевый метасоматит по серпентинитам с вкрапленностью пирита до 20%	0,2	1,6
карьер	Лимонитизированный метасоматит	1,4	2,2
карьер	Кварц	0,8	1,9
карьер	Кварц-карбонатный прожилок с пиритом	0,2	3,6
отвалы	Лимонитизированный метасоматит с малахитом	<0,1	1,7
отвалы	Кварц с малахитом, ковеллином и борнитом	0,1	2,8

*Примечание:* по материалам В.А.Гаврилова.

Разрабатывавшиеся рудные тела были представлены зоной сульфидной вкрапленной минерализации и линзами сплошных колчеданных руд с протяженностью последних до 40 м при мощности до 1 м. В целом, оруденение прослежено по простираанию на

450 м, а на глубину – до 50 м. Содержание золота в породах, согласно материалам В.А.Гаврилова, крайне неравномерное; иногда его количество достигало 1000 г/т, а в среднем по объекту составляло 13,7 г/т.

Золото, в основном, связано с сульфидными минералами, присутствующими в милонитизированных серпентинитах, габбро-диоритах, кварцевых и кварц-альбитовых жилах и представленных пиритом и халькопиритом. Довольно редко золото встречается в самородном виде.

По материалам В.А.Гаврилова, в скважинах, пробуренных по минерализованным зонам, средние содержания золота составили 0,2 г/т, в то время как опробование поверхностных горных выработок показало значительно большие содержания металла (табл. 18).

**Рудопроявление Сульфидное** приурочено к рассланцованным туфам и кремнистым туффитам. Минерализация представлена вкрапленностью сульфидных минералов (пирит, халькопирит) и самородного золота.

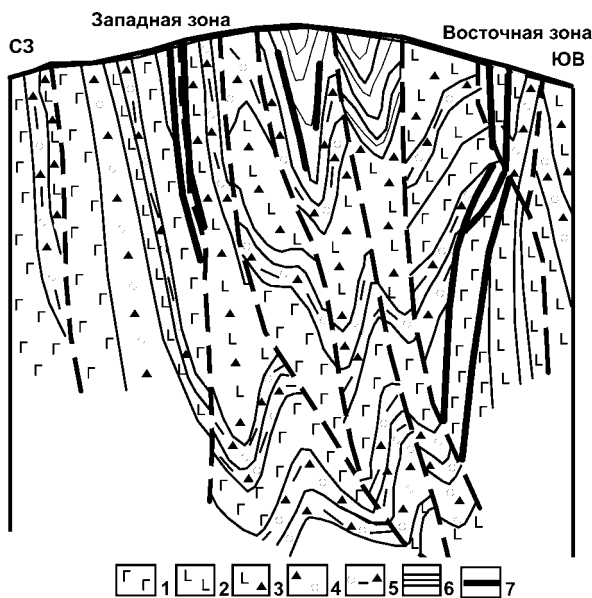
#### **5.4. Золото-сфалерит-галенитовый тип**

К этому минеральному типу С.Г.Варганов относит месторождения Муртыкты и Ик-Давлят. По П.Ф.Сопко (1977) эти объекты принадлежат к прожилково-вкрапленному золото-полиметаллическому типу.

Последней точки зрения придерживаются Д.Н.Салихов и П.Г.Бердников (1985), выделяя на этих объектах следующие минеральные подтипы руд: золото-пиритовый, золото-сфалерит-пиритовый, золото-халькопирит-сфалерит-пиритовый, золото-галенит-сфалерит-пиритовый и собственно золото-полиметаллический.

**Месторождение Муртыкты** расположено в пределах полосы развития эффузивных и вулканогенно-осадочных отложений карамыташской и улутауской свит, слагающих восточное крыло Учалинской антиклинали. Последняя вытянута в северо-восточном направлении и осложнена изоклинальной складчатостью низких по-

рядков, а также разрывными нарушениями типа надвигов и ступенчатых сбросов.



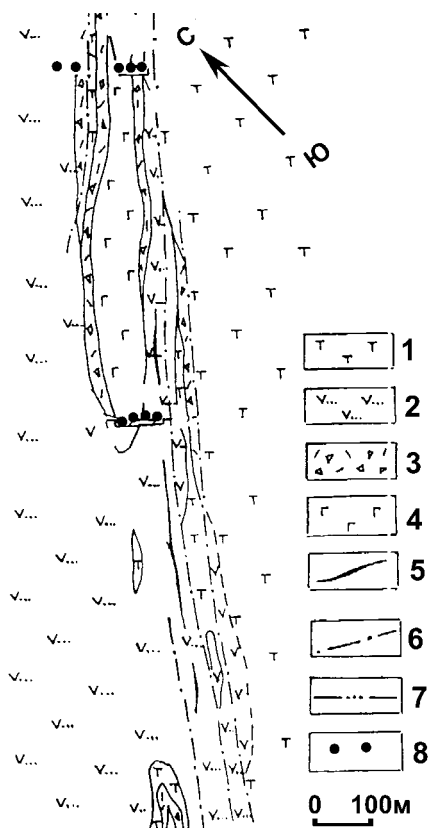
**Рис. 40.** Геологический разрез через Западную и Восточную зоны месторождения Муртыкты (по С.Е. Знаменскому, 1992, с упрощениями). Условные обозначения: 1-диабазы и диабазовые порфириты, 2-базальтовые и андезито-базальтовые порфириты, 3-туфы и туфиты основного состава, 4-туфогравелиты, 5-переслаивание кремнистых сланцев, туфопесчаников и туфогравелитов, 6-кремнистые сланцы с прослоями вулканомиктовых пород, 7-зоны оруденения.

Золотое оруденение на месторождении приурочено к вышеуказанным рассланцованным зонам, в пределах которых породы сильно изменены гидротермальными процессами, окварцованы, серицитизированы, насыщены пиритом и отчасти карбонатизированы. В пределах объекта известны три рудные зоны: Восточная, Промежуточная и Западная. Наиболее богатой на золото, согласно материалам С.Г.Варганова, является Западная тектоническая зона, прослеженная горными выработками с севера на юг на

протяжении почти 4 км (рис. 40). Северным ее продолжением является зона сланцев западного склона горы Ик-Давлят. На глубину Западная зона прослежена на 200 м структурно-поисковыми скважинами, которые подсекли прожилки сплошных колчеданных руд с содержанием золота до 40 г/т и серебра – 377 г/т (при содержании меди – 2,59% и цинка 7,6%).

Западная зона приурочена к рассланцованным диабазовым порфирирам и хлорит-кремнистым туфам. Она представлена интенсивно пиритизированными осветленными роговиками.

**Рис. 41. Геологическая схема Восточной зоны месторождения Муртыкты (по материалам Г.А.Морозова).**  
Условные обозначения: 1- кремнисто-глинистые сланцы, 2-песчаники, 3-туфобрекчии смешанного состава, 4-диабазы, 5-рудные тела, 6-разрывные нарушения, 7-нижняя граница зоны окисления, 8-скважины.



По материалам С.Г. Варганова, Центральная рудная зона представлена зелеными роговиками со средними содержаниями золота – 2 г/т; серицитовыми сланцами – Au – 12 г/т; и светлыми роговиками – Au – 8-10 г/т. Зона прослежена на расстоянии около 200 м и расположена среди хлоритовых сланцев, содержание золота в которых изменяется от следов до 6,5 г/т (среднее 3 г/т).

Строение Восточной зоны расланцевания близко к западной (рис. 41). Она также «выполнена» гидротермально измененными (окварцованными и серицитизированными) породами. Рудные тела имеют жилообразную форму и залегают согласно со вмещающими породами. Азимут ее простирания субмеридиональный с падением на северо-запад под углом 85-90°. Прослежена она на расстоянии до 1 км. Суммарная мощность рудных полос в зоне составляет около 16 м. Цементируют рудное вещество в прожилках серицитовые, кварц-серицитовые и кремнистые сланцы, вмещающими для которых являются порфириты и их туфы.

Как было установлено работами С.Г.Варганова, распределение золота в породах зоны неравномерно и подвержено значительным колебаниям. Так, в серицитовых сланцах оно составляет 12 г/т, в хлоритовых сланцах понижается до 4 г/т, а в туфах – до 3,6 г/т.

Различные разновидности руд месторождения характеризуются определенным минеральным составом. Так, сплошные руды состоят на 80% из пирита. В них также установлены халькопирит, галенит, тетраэдрит, кальцит, кварц, серицит, хлорит и барит. Ассоциация вторичных минералов представлена ковеллином, лимонитом, малахитом и азуритом. Вкрапленные руды в основной своей массе представлены пиритом, а в кварц-карбонатных прожилках установлены пирит, сфалерит, тетрадимит, гессит, алтаит и самородное золото. Причем содержание последнего находится в прямой зависимости от степени пиритизации пород. Наиболее богаты золотом, по данным С.Г.Варганова, сплошные руды, где его количество достигает 371 г/т. Во вкрапленных рудах содержания Au понижаются до 2-4 г/т, повышаясь до 20 г/т в местах с более густой вкрапленностью.

**Месторождение Ик-Давлят** расположено севернее месторождения Муртыкты и представлено рудными полосами, являющимися, по существу, продолжением последнего. Оба объекта залегают в одном и том же комплексе пород и приурочены к одной зоне расланцевания.

Оруденение прослежено на расстоянии 200-250 м при северо-восточном простирании по азимуту 35° и почти вертикальном падении с восточным либо западным отклонением в 5-10°. Мощность отдельных рудных тел, имеющих жилообразную форму, достигает 7,2 м.

Рудные минералы представлены лимонитом, гетитом, пиритом, галенитом и самородным золотом.

На месторождении присутствует зона окисления, развитая до глубины 40 метров и представленная каолинитизированными и лимонитизированными серицит-кварцевыми метасоматитами с вкрапленностью гипергенных минералов: лимонита, гетита, халькозина и ковеллина.

По материалам Г.А.Морозова, химический состав окисленной золотосодержащей руды включает в себя:  $\text{SiO}_2$ -66,0%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -16,6%;  $\text{FeO}$ -5,5%;  $\text{CaO}$ -2,4%;  $\text{S}_{\text{общ.}}$ -1,18%.

В целом, как это было установлено работами С.Г. Варганова, по месторождению Ик-Давлят содержания золота в породах варьируют в значительных пределах. Так, светлые роговики содержат от 0,2 до 90,8 г/т; серицитовые сланцы – от 2,8 до 126,8 г/т; туфы риолитов – от 0,4 до 3,6 г/т; хлоритовые сланцы – от следов до 6,5 г/т и зеленые роговики – от следов до 5,4 г/т.

**Месторождение Средний лог**, входящее в Миндякскую группу объектов, расположено в 7 км северо-восточнее пос. Миндяк. Объект был открыт в 1936 году, когда М.И.Долгаль канавами и дудками впервые вскрыл окисленные руды с содержанием золота 7-18 г/т. В последующее время разведкой и изучением месторождения занимались П.И.Отто, Г.А.Резвых, И.Г.Дубенко, Г.А. Морозов и многие другие.

В результате проведенных работ было установлено, что орудуение локализовано в зоне Миндякского субмеридионального разлома, имеющего в пределах месторождения северо-восточное падение под углами 75-80° и мощность около 60-80 м. Породы, слагающие зону, представлены каолинитизированными серицит-хлоритовыми метасоматитами по песчаникам березовской свиты ( $\text{C}_{12} - \text{v}_1$ ).

Рудное тело имеет линзовидную форму, север-северо-восточное простирание и север-северо-западное почти вертикальное падение. Прослежено оно по простиранию на 68 м, а по падению на 18-20 м при мощности от 2 до 10 м.

Руды относятся к окисленным разновидностям прожилково-вкрапленного типа. Основными рудными минералами их являются гематит, гетит, гидрогетит, самородное золото, кераргирит (?); второстепенными – пирит, халькопирит, халькозин, ковеллин, аргентит (?); среди нерудных минералов установлены: каолин, серицит, хлорит и кварц.

Кроме того в химическом составе руд установлены медь (0,089%), мышьяк (0,02%), железо (6,3%) и цинк в следовых количествах. Для руд месторождения характерны неравномернoзернистые структуры, прожилково-вкрапленные, брекчиевидные и кавернозные текстуры. Как было установлено работами Г.А.Морозова, распределение золота и серебра в них крайне неравномерное, а средние содержания составляют: золота – 4,7 г/т, серебра – 211,4 г/т.

\* \* \*

Анализируя структурное положение охарактеризованных выше рудных объектов золото-сульфидной формации необходимо отметить, что все месторождения и рудопоявления приурочены к зонам разноранговых тектонических нарушений и, в первую очередь, контролируются региональными разломами. В частности, в Учалинском районе Республики все объекты расположены в зонах Восточно-Уралтауского, Вознесенского и Каранского тектонических нарушений. Как было установлено проведенными ранее работами, золото встречается во всех разновидностях вулканогенных пород, возрастной интервал формирования которых простирается от силура до девона. Кроме этого, повышенная золотоносность характерна и для интрузивных пород от ультраосновного до кислого и щелочного составов, что свидетельствует об отсутствии связи между золотым оруденением и литологическими характеристиками пород на данной территории.

Главным и решающим фактором размещения золотого оруденения в пределах рассматриваемого района, как считает С.Г.Варганов, является тектоника, так как все месторождения золото-сульфидной формации расположены в крутопадающих зонах расщепления, а объекты жильного типа в трещинах и разрывах высшего порядка.

В региональном плане месторождения трассируют крупные тектонические нарушения субмеридионального простирания. В местах сближения или пересечения этих нарушений отмечается большое количество рудных объектов, образующих группы месторождений, как, например, Орловско-Асфандияровская, Миндякская и др.



Большое значение в размещении золотого оруденения играет распространенность малых интрузий, которые являются пространственными локализаторами золото-сульфидного оруденения (массивы и тела серпентинитов) и кварцевых жил (интрузии среднего и щелочного составов). Между золотым оруденением и последними намечается парагенетическая связь, выражающаяся в приуроченности рудных объектов и интрузивных тел к одним и тем же структурным зонам.

Обычно золото связано с пиритом, зоны развития которого, приуроченные к плоскостям разрывных нарушений, часто сопровождаются вторичными ореолами рассеяния золота и его повышенными концентрациями. Наблюдается четко выраженная зависимость, когда с уменьшением количества пирита содержания золота резко падают. Золотоносный пирит, как правило, сосредоточен в зальбандах всячего бока кварцевых жил и прожилков.

## Глава 6

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ

На территории Республики Башкортостан разведано 16 медно-цинковоколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений (рис. 42), которые составляют основу сырьевой базы цветной металлургии Урала. В четырех из них (Юбилейном, Подольском, Учалинском и Сибайском) сосредоточено 30% меди и 47,7% цинка от общих запасов этих металлов в Уральском регионе. Кроме того, ежегодно из колчеданных руд суммарно добывается около 1,5 т золота (Хамитов и др., 1999).

Большинство из известных объектов принадлежит к так называемому уральскому типу месторождений, который включает в себя серноколчеданную, медноколчеданную, медно-цинковоколчеданную и колчеданно-полиметаллическую рудные формации, но в большинстве случаев, имеющих преимущественно медно-цинковоколчеданный состав руд (Прокин, 1970, Серавкин, 1986).

На сегодняшний день все месторождения подразделяются на несколько минералого-геохимических типов, среди которых главными являются: 1) серноколчеданный, 2) медноколчеданный, 3) медно-цинковоколчеданный, 4) медно-цинковоколчеданный с проявлениями полиметаллической минерализации, 5) колчеданно-полиметаллический с золотом, 6) барит-полиметаллический с золотом, 7) колчеданно-полиметаллический, существенно цинковый (Серавкин, 1986).

Так как данная работа посвящена характеристике золотого оруденения и, как уже неоднократно отмечалось выше, за основу подразделения объектов при их характеристике принята классификация В.А.Прокина, то описание объектов приводится согласно выделенным им минералого-геохимическим типам, в частности, выделяется золото-колчеданно-полиметаллическая формация, включающая в себя золото-халькопирит-сфалеритовый, золото-сфалерит-галенитовый и золото-баритовый минеральные типы, известные в литературе как баймакский тип колчеданных месторождений.

Действительно, рудные объекты и месторождения золото-колчеданно-полиметаллической формации пользуются широким распространением в Баймакском районе Республики Башкортостан. Как правило, они представлены вкрапленными (реже массивными) сульфидными рудами, залегающими среди вулканогенных образований риолит-андезит-базальтовой формации.

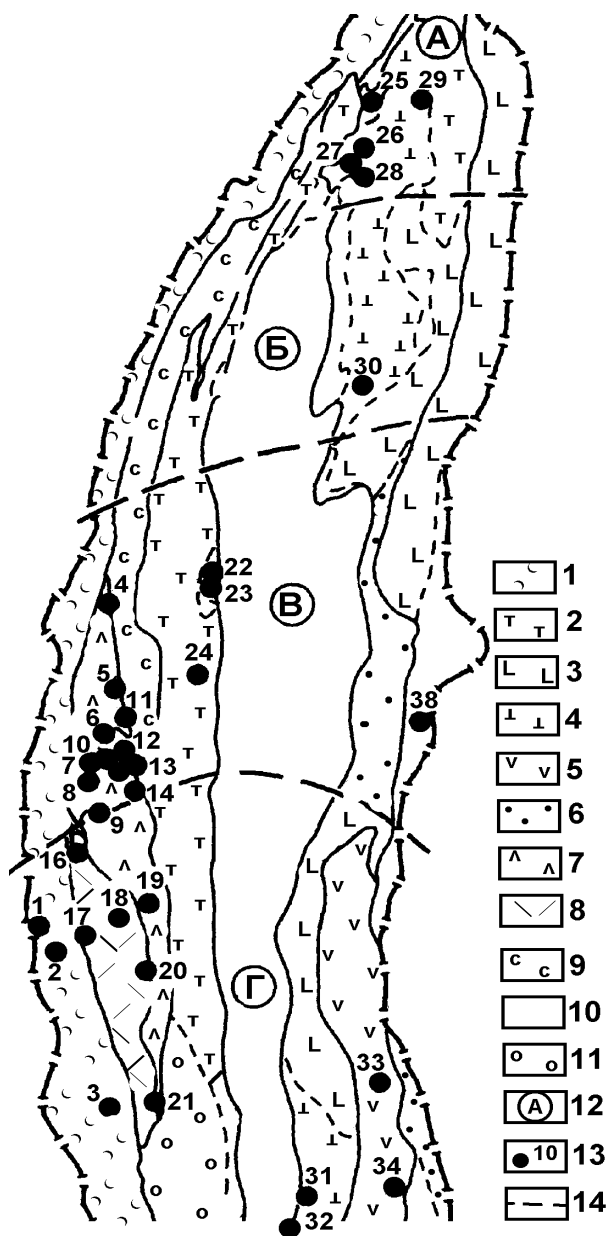
Морфологически рудные тела представлены линзами, гнездами и жилами, локализующимися в зоне контактов небольших интрузивных тел с риолитами и порфиритами. Руды месторождений подразделяются на массивные и прожилково-вкрапленные типы, где главными рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, золото, штромейерит, борнит и ковеллин. Из числа нерудных минералов в рудах присутствуют: кварц, серицит, хлорит, барит, известково-бариевый полевошпат, кальцит, цеолиты, алунит.

### **6.1. Золото-халькопирит-сфалеритовый тип**

Этот тип представлен месторождениями средних размеров: Таш-тау, Майское, Таналыкское, Южно-Семеновское, Восточно-Семеновское, группа Троицких месторождений и Средний лог и другие.

**Месторождение Таш-тау**, расположенное в 16 км южнее г. Баймак (рис. 42), представляет собой рудоносную зону, прослеженную на 1,5 км, которая подразделяется на три участка: Южный, Центральный и Северный, значительно отличающиеся геологическим строением и составом руд.

Южный участок состоит из двух рудных тел и двух небольших рудных линз. Более половины объема руды представлено сплошным медистым колчеданом с высокими содержаниями меди (7,22%) и цинка (1,55%). Все рудные тела залегают среди туфов кислого состава согласно со слоистостью, а основной объем вмещающих пород на месторождении занимают гематитизированные андезиты-базальты и прорывающие их крупнопорфировые кварцевые риодациты, последние из которых образуют сложные субвулканические постройки (Серавкин и др., 2001).



Северный Таш-тау состоит из трех рудных тел сложной формы, основное из которых полого залегает в восточной части месторождения. На участке преобладают густовкрапленные руды полиметаллического состава, причем верхнее рудное тело (№ 3) сложено преимущественно сфалеритом. В других рудных телах цинк (4,69%) также преобладает над медью (2,9%). Кроме того, для руд характерны повышенные содержания золота (Серавкин и др. 2001).

По данным ранее проведенных работ, благородные металлы приурочены в преобладающей части к вкрапленным цинковым и медно-цинковым рудам сфалеритового и халькопирит-сфалеритового состава. Среднее содержание золота по месторождению, согласно материалам С.Г.Варганова, составляет 9,52 г/т, а серебра – 39,42 г/т, при том, что в сплошных медных рудах содержится 2,03 г/т Au и 25,77 г/т Ag, а во вкрапленных медных и медно-цинковых разновидностях количество золота и серебра составляет 1,68 и 15,8 г/т соответственно.

---

**Рис. 42. Размещение колчеданных месторождений в Магнитогорском мегасинклинии (по И.Б.Серавкину, 1986, с упрощениями)**

1-базальтовая формация (О-S); 2-базальтовая субформация базальт-риолитовой формации (D<sub>2</sub>); 3-базальт-андезито-базальтовая субформация андезито-базальтовой формации (D<sub>2</sub>); 4-непрерывная субформация базальт-риолитовой формации (D<sub>2</sub>); 5-джусинский комплекс базальт-андезит-дацит-риолитовой калиево-натриевой формации (D<sub>2</sub>gv-D<sub>3</sub>f); 6-базальтовая формация (S<sub>2</sub>(?)-D<sub>1-2</sub>); 7-базальт-андезито-базальт-андезит-дацит-риолитовая субформация андезито-базальтовой формации (D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub> ef); 8-непрерывная субформация базальт-риолитовой формации (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>); 9-базальт-андезито-базальтовая субформация андезито-базальтовой формации (D<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>ef); 10-образования переходной стадии (C<sub>1</sub>); 11-базальтовая субформация базальт-риолитовой формации (D<sub>2</sub>); 12-мегаблоки (А-Учалинский, Б-Магнитогорско-Верхнеуральский, В-Баймакско-Кацбахский, Г-Орско-Джусинский); 13-колчеданные месторождения (1-Ивановское, 2-Дергамышское, 3-Ишкининское, 4-Тубинская группа, 5-Куль-Юрт-Тау, 6-Уваряж, 7-Бакр-Тау, 8-Горная Байкара, 9-колчеданно-полиметаллическое, 10-Таш-Тау, 11-Таналык-Баймакское, 12-Семеновское, 13-Юлалы, 14-Туба-Каин, 15-Балта-Тау, 16-Юбилейное, 17-Бурибайское, 18-Маканская группа, 19-Подольское, 20-Мамбетовское, 21-Гайское, 22-Бакр-Узяк, 23-Южный Бакр-Узяк, 24-Сибайское, 25-Учалинское, 26-Озерное, 27-Узельгинское, 28-Молодежное, 29-Таш-Яр, 30-Александринское, 31-Иссыргужинское, 32-Западно-Ащевутакское, 33-Джусинское, 34-Барсучий Лог).

Нами были определены содержания золота в рудах, концентратах и отдельных рудных минералах месторождения Таш-тау. Полученные результаты приведены в таблице 19.

Таблица 19

Содержания золота в рудах, концентратах (г/т)  
и минералах (масс. % ) месторождения Таш-тау

Тип руды	Au
Медный колчедан (2)	7,12-18,8
Медно-цинковый колчедан (4)	3,24-10,4
Медный концентрат (4)	3,46-9,28
Медный концентрат (2)**	4,0
Хвосты медной флотации (3)	0,90-2,32

Минералы	Au
«Таштауит» (2)	0,0-1,03
Галенит (3)	0,0-0,19
Халькопирит (2)	0,0
Халькопирит***	14,08
Сфалерит (7)	0,0-3,21
Сфалерит***	41,9
Пирит (2)	0,05-0,69
Пирротин	0,37

*Примечание:* В анализе «таштауита» также содержатся Cd, In, и Ag в количестве 70-75%. Содержания со знаками: \* -выполнены в лаборатории г. Норильска; \*\* - в лаборатории ГИРЕДМЕТа и Кыштымского завода (по материалам Б.С.Чернецова); \*\*\*- атомно-абсорбционным методом в г/т. Остальные анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микронзондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Майское месторождение** расположено в 25 км южнее месторождения Таш-тау на северо-восточном склоне г. Вараш. Структурно оно приурочено к юго-западному крылу Туш-Аульской брахиструктуры, которая осложняет южное периклинальное замыкание Таналыкской антиклинальной зоны. Геологическое строение месторождения имеет много общего с описанным выше месторождением Таш-тау. Первичные руды месторождения представлены медистыми, медисто-цинковыми и серны-

ми разновидностями. Главными компонентами руд, которые определяют промышленную ценность месторождения, являются золото, медь, цинк и в меньшей степени свинец, серебро и сера.

Золото постоянно присутствует во всех промышленных сортах и минеральных разновидностях руд. Его среднее содержание в первичных рудах, согласно материалам С.Г. Варганова, составляет 3,12 г/т. Чаще всего оно содержится в сульфидах в самородном и тонкодисперсном видах.

Серебро также присутствует во всех типах руд месторождения. Его количество колеблется в широких пределах, достигая 944 г/т. Из собственных минералов серебра в рудах встречаются гессит и самородная фаза.

**Юлалинское месторождение.** В районе месторождения широко развиты вулканогенные породы, расчлененные на три толщи: нижнюю, среднюю и верхнюю (рис. 42). Нижняя толща представлена пироксен-плагиоклазовыми порфиритами андезит-базальтового состава с подчиненным количеством диабазов и их брекчий. Средняя толща представлена дацитами, дацитовыми порфиритами и туфогенными брекчиями. В составе верхней толщи выделены лавовые брекчии афировых пород андезит-дацитового состава. В центральной части площади месторождения выделяется крупное тектоническое нарушение, представленное зоной расщеливания, в которой концентрируется большая часть колчеданных месторождений.

Рудные тела месторождения приурочены к горизонту туфов и туфогенных брекчий, залегающих среди эффузивных и субвулканических образований риолит-дацитового состава. Месторождение представляет собой систему линзообразных и пластообразных колчеданных линз и залежей, среди которых выделяются северная, промежуточная, средняя, южная и западная линзы. Их размеры по простиранию колеблются от 40-50 м (западная линза) до 180 м (северная линза), а мощности изменяются от 1 до 15 м с редкими раздувами до 26 м.

Руды месторождения представлены сплошными и вкрапленными разновидностями.

Среди рудных минералов установлены пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, самородное золото, аргентит. К вторичным минералам относятся ковеллин, халькозин, борнит, мелантерит, самородная медь, малахит, азурит и лимонит.

По данным Ф.И.Ковалева, в первичных рудах месторождения содержания золота колебались в пределах 2-5 г/т, а серебра – 25-30 г/т. В зоне окисления, достигавшей мощности 37 м и представленной глинисто-железистой массой с баритом, содержания золота составляли 6,22 г/т, а серебра – 27,24 г/т.

Нами были определены содержание золота в рудных минералах Юлалинского месторождения. Полученные результаты приведены в таблице 20.

Таблица 20

Содержания благородных металлов в рудных минералах  
Юлалинского месторождения (масс. %)

Минерал	Au
Галенит (6)	0,0-0,912
Халькопирит (2)	0,0
Сфалерит (3)	0,0-0,48
Теннантит (2)	0,586-0,617

*Примечание:* Содержания определены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Таналыкское месторождение** представляет собой рудное тело, простирающееся по азимуту 50-65° на расстояние около 400 м, расположенное в зоне рассланцевания вулканогенных пород. С.А.Юшко выделяет на месторождении существенно пиритовые и сфалеритовые руды с минеральным составом: пирит, сфалерит, халькопирит, теннантит, галенит, самородное золото, кварц, барит и серицит.

По данным А.Н.Заварицкого, в северной части месторождения распространены вкрапленные руды, промышленные содержания в которых меди и золота распространены до глубины 32 м, в то время как в южной, сложенной массивными рудами, промышленные концентрации Cu и Au прослеживаются до глубины 90 м, а содержания последнего составляют 4,3 г/т.

**Восточно-Семеновское месторождение** расположено в Баймакском районе Республики и представлено двумя участками: *Ново-Семеновским* и *Восточно-Семеновским*. Оно залегает в рассланцованных породах верхней толщи баймак-бурибаевской свиты. Разрез месторождения слагают (снизу вверх): 1)



дацитовые, андезитово-дацитовые и андезитовые порфириты, их лавовые брекчии и кластолавы, туфы смешанного состава (350-500 м); 2) туфы смешанного состава, сложенные обломками диабазов, диабазовых порфиритов, дацитовых и риолито-дацитовых порфириров, плагиогранитов, с подчиненными эффузивными потоками дацитовых и андезитовых порфиритов (150-200 м); 3) дацитовые порфириты (300-400 м) (Серавкин, 1986).

Рудные тела Ново-Семеновского участка представляют собой серию маломощных (5-10, редко до 18 м) этажно расположенных линз преимущественно вкрапленных руд, образующих в целом структуру типа воронки. На месторождении преобладают вкрапленные баритсодержащие полиметаллические руды, сложенные сфалеритом, пиритом, халькопиритом и галенитом. Нерудные минералы представлены кварцем, серицитом, хлоритом, кальцитом, баритом, известково-бариевым цеолитом, ангидритом, гипсом, эпидотом и флюоритом (Серавкин, 1986).

Ранее проведенными работами в пределах месторождения была установлена промышленная золотоносность верхних горизонтов рудных тел, представленных баритизированными, серицитизированными и лимонитизированными породами. Содержание золота в них в среднем составляло 5,7 г/т. По материалам С.Г.Варганова, в первичных рудах медно-цинкового состава содержание золота в среднем составляло 9-14 г/т.

Нами были опробованы метасоматиты с прожилково-вкрапленными сульфидами этого месторождения. Среднее содержание золота в них составило 3,4 г/т при разбросе значений от 0,44 до 8,33 г/т. Содержание Au в отдельных рудных минералах приведено в таблице 21.

Таблица 21

Содержания Au в минералах  
Восточно-Семеновского месторождения (масс. %)

Минерал	Au
Пирит (2)	0,159-0,651
Электрум (3)	61-21-63,75
Самородный свинец	0,232
Самородная медь	0,0

*Примечание:* В скобках количество анализов. Содержания определены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Семеновское месторождение** расположено в 12 км южнее г. Баймака. В структурном отношении месторождение представляет собой моноклиналь с восточным падением пород рудоносной толщи (рис. 42).

В пределах месторождения распространены исключительно вулканические породы (порфириды и их туфы). Они подверглись значительным изменениям и довольно часто превращены в кварцево-серицитовые и кварц-серицит-хлоритовые сланцы, которые в свою очередь подверглись околорудным изменениям.

Рассланцованная рудная толща простирается по азимуту 340-350° с падением под углом 55°. Рудная залежь прослежена на расстоянии до 200 м при мощности до 5 м. Содержание золота в оруденелых сланцах невысокое и составляет около 1 г/т.

**Месторождение Абей-Саз.** На площади месторождения широким распространением пользуются светлые дациты и их туфы, туфобрекчии и каолинитизированные породы. Большинство разновидностей пород подверглось серицитизации и хлоритизации. В структурном отношении рудоносная полоса каолинитизированных пород представляет собой ядро антиклинальной складки третьего порядка вытянутой в субмеридиональном направлении.

Первичные руды месторождения – сплошные колчеданы и вкрапленные разновидности, которые на отдельных участках представлены густой мелкой вкрапленностью халькопирита, а также борнита, халькозина и ковеллина. По данным С.Г. Варганова, содержание золота в первичных рудах достигало 4,6 г/т.

В ныне отработанных, верхних горизонтах месторождения, представленных бурами железняками и интенсивно лимонитизированными породами содержания золота достигали 43,6-76,28 г/т (Салихов, Серавкин, Юсупов и др., 1997).

**Чингизовское месторождение** приурочено к зоне рассланцевания туфов и диабазовых порфиритов.

На месторождении установлены две разновидности руд: массивные и вкрапленные.

Рудное тело прослежено по простиранию на 300 м, на глубину на 220 м при мощности около 4 м. Оно сложено пиритом, халькопиритом и, реже, сфалеритом.

По данным С.Г.Варганова в сплошных медных рудах установлено до 16 г/т золота и до 35 г/т серебра.

## 6.2. Золото-сфалерит-галенитовый тип

К этому минералого-геохимическому типу относятся месторождения Бакр-Тау, Тубинская группа (Восточно-Кузнецкое и Южное), Уваряжское, Балта-Тау и Ново-Семеновское.

**Месторождение Бакр-тау** расположено в 18 км южнее г. Баймака. Оно приурочено к небольшой брахиантиклинальной структуре, представляющей собой сильно деформированную вулканическую постройку центрального типа (рис. 42). Геологический разрез месторождения имеет следующее строение (снизу вверх): 1) экструзивные кварцевые риолитовые (?) порфиры (до 200 м); 2) слоистый горизонт, представленный переслаиванием алевритовых, пелитовых, псаммитовых и лапиллиевых туфов, тефроидов кислого и смешанного составов, а также кремнистых туффов (40-50 м); 3) андезито-базальтовые порфириты и диабазы с прослоями туфов основного состава (до 100 м); 4) вулканические брекчии дацитового и андезито-базальтового состава, которые в верхах сменяются горизонтом яшмовидных кремнистых туффов с переменной мощностью до 100 м (Серавкин, 1986).

На месторождении известно 3 рудных тела, первые два из которых сложены преимущественно массивными цинково-медными рудами, а третье – прожилково-вкрапленными, полиметаллическими, цинковыми и барит-полиметаллическими рудами. Главными рудными минералами являются сфалерит, халькопирит, галенит и пирит; второстепенными – халькозин, борнит и ковеллин. Реже встречаются самородные золото и серебро, молибденит и германит. Нерудные минералы представлены баритом, кварцем, хлоритом, кальцитом и серицитом.

Ранее проведенными исследованиями С.Г.Варганова, в различных минеральных типах руд, слагающих этот объект, были установлены следующие содержания золота и серебра (в г/т): массивные свинцово-цинковые медистые руды – 14,1 Au и 199,8 Ag; вкрапленные сульфидные руды – 14,3 Au и 163,3 Ag; массивные золотосодержащие медные руды – 6,5 Au и 117,5 Ag; вкрапленные сульфидные (медно-цинковые) руды – 2,0 Au и 22,0 Ag.

По нашим данным, в медно-цинковых рудах этого месторождения содержится 2,9 г/т Au, а в медных концентратах его количество повышается до 9,8-12,5 г/т (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001).

Самородное золото довольно широко распространено в рудах Бакр-тауского месторождения. В некоторых случаях золото хорошо просматривается в аншлифах, причем размеры отдельных золотинок достигают 0,5 мм.

Золото ассоциируется и содержится в большинстве рудообразующих минералов месторождения (табл. 22). Наибольшее количество золотинок встречается в сростках с галенитом, халькопиритом, блеклой рудой и сфалеритом. В халькопирит-сфалеритовых рудах золотинок часто концентрируются в пределах крупных выделений сфалерита, где стыки отдельных зерен являются наиболее обогащенными зонами. По этим стыкам прослеживаются цепочки зерен халькопирита, галенита, блеклой руды и кварца, с которыми золото образует ксеноморфные сростки.

Таблица 22

Содержания Au в минералах Бакр-тауского месторождения

Минерал	Au
Галенит	0,411
Халькопирит	0,396
Сфалерит	1,807
Пирротин	0,0
Самородный цинк	4,170
Свинцово-палладистый электрум	25,271

*Примечание:* В свинцово-палладистом электруме кроме этого содержится 21,94% Ag и 39,1% Pb. Содержания определены микрозондовым методом и даны в масс. % (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

Кроме этого, в рудном поле месторождения широко развиты метасоматиты с сульфидной минерализацией. В них установлены «ультратонкие» (эмульсионные) в сульфидах и «пылевидные» (1-12 мкм) в кварце включения золота. В этих золотоносных метасоматитах, мощность которых варьирует от 20 до 47 м, а протяженность до первых сотен метров, содержания золота составляют от 0,2 до 1,0 г/т (Салихов и др., 1997).

**Восточно-Кузнечное и Южное месторождения**, относящиеся к Тубинской группе, расположены в пределах одноименного рудного поля (рис. 42).

В геологическом строении месторождений выделяются два яруса: нижний и верхний. Первый представлен метаморфизованными породами баймак-бурибаевской свиты, залегающими моноклинально. Верхний ярус сложен отложениями улутауской, колтубанской и зилаирской свит, образующих полого погружающуюся на север антиклинальную структуру. Измененные эффузивы кислого состава и метаморфизованные туфы основного состава нижнего горизонта баймак-бурибаевской свиты являются рудовмещающими породами, причем рудные тела приурочены к контакту туфов кислого и смешанного составов либо к всияческому контакту толщи кислого состава.

Минералогически руды представлены колчеданами массивного, прожилково-вкрапленного и вкрапленного типов. При этом наблюдается закономерность, выражающаяся в том, что массивные разновидности с четким контактом приурочены к всияческому контакту и далее, в направлении к лежащему контакту, они переходят в прожилково-вкрапленные разновидности, сменяющиеся рассеянной вкрапленностью сульфидов.

Первичные руды месторождений, согласно материалам С.Г.Варганова, содержали в среднем около 5 г/т золота. В то же время содержания золота в подзоне окисления, представленной баритизированными и лимонитизированными дацитами, изменялись от 5 до 22 г/т.

**Уваряжское месторождение** эксплуатировалось до 1918 года. Оно приурочено к прослою туфов мощностью 15 м, залегающему в лежащем боку лавовых брекчий, расположенных среди дацитов вблизи их контакта с диабазами (рис. 42).

Месторождение представлено двумя рудными телами: северным и южным. Северное тело представляет собой линзу неправильной формы длиной 130 м и мощностью около 7 м. Южное тело – слепое, неправильной и сложной формы прослежено на расстояние 70 м. Оно имеет меридиональное простирание, восточное падение под углом 50° и мощность до 4 м.

На месторождении присутствуют две основные разновидности руд: массивные и вкрапленные. Первые прослежены до глубины 100 м, а вторые до глубины 140 м.

Минералогически рудные тела сложены баритом, сфалеритом, пиритом, галенитом, халькопиритом, блеклой рудой и самородным золотом, причем Au ассоциируется с галенитом, блеклой рудой и баритом. Из вторичных минералов в рудах установлены ковеллин, халькозин, лимонит, церрусит и мелантерит.

Содержания золота в первичных рудах, по данным С.Г.Варганова, колебались в пределах 9-14 г/т.

В результате проведенных нами исследований (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001), в различных типах руд этого месторождения атомно-абсорбционным методом по единичным пробам были установлены следующие содержания благородных металлов:

- в медно-колчеданных – 0,70 г/т Pt и 12,4 г/т Au;
- в цинковоколчеданных – 0,72 г/т Pt и 5,44 г/т Au;
- в медно-цинковоколчеданных – 0,60 г/т Pt и 21,04 г/т Au

**Месторождение Балта-Тау** расположено в Баймакском районе Республики и залегает в экстрезивных породах, прорывающих отложения ирендыкской свиты вблизи их контакта с баймак-бурибаевскими образованиями (рис. 42). Оно представлено двумя залежами – Центральной и Юго-Восточной.

На месторождении преобладают прожилково-вкрапленные полиметаллические руды, сложенные сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой, пиритом и галенитом. Второстепенные рудные минералы представлены самородным золотом и серебром, молибденитом, германитом, борнитом и др.

Среди нерудных минералов установлены кварц, серицит, известково-бариевый цеолит, кальцит, магнезиальный хлорит, клиноцоизит, барит и стильбит (Серавкин, 1986).

В первичных рудах месторождения, согласно материалам С.Г.Варганова, содержания золота составляют 14,5 г/т, а серебра – 128,8 г/т. Кроме этого в них установлены 6,0% цинка и 0,6% меди. Определенные нами содержания золота в различных типах руд и концентратах из этого месторождения составляют (в г/т): медный колчедан – 0,47-1,28; медно-цинковая руда – 3,08; окисленная руда – 7,6-11,52. Кроме этого, в первых разновидностях установлено 0,12-0,35 платины и 0,07 палладия; во вторых разновидностях – 0,19 платины и 0,07 палладия; в третьих разновидностях – 0,40-1,10 палладия (Салихов, Юсупов, Ковалев и др., 2001). Содержания золота и серебра в отдельных рудных минералах этого объекта приведены в таблице 23.

Содержания благородных металлов в рудных минералах  
из руд месторождения Балта-тау (масс. % )

Минералы	Au	Ag
Халькопирит	0,396	0.019
Пирит*	0,599	-
Самородное золото*	70,696	21,86
Электрум *	55,501-60,793	20,60-35,66
Халькозин	0,431-0,601	0,0
Самородный свинец	0,0	-
Феррохромит	1,432	-

*Примечание:* Данные со знаком \* – минералы зоны окисления. Содержания определены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш. Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

### 6.3. Золото-баритовый тип

К этому минералого-геохимическому типу относятся месторождения и рудопрооявления: Горная Байкара, Туба-Каин, отдельные объекты Тубинской группы (Среднее, Северное и Куртлу-Су-тау), Томаковское, Сукраковское и другие.

**Месторождение Горная Байкара** расположено в 25 км южнее г. Баймака. Структурно месторождение приурочено к брахиантиклинальной структуре, в ядре которой обнажаются амфиболизированные дациты, а на крыльях – гематитизированные диабазы и их туфы (рис. 42). Западное крыло структуры крутое (угол падения 70°), а восточное пологое.

По материалам В.А.Прокина, оруденение приурочено к верхам дацитовой толщи и к контакту последних с туфами основного состава. Месторождение состоит из «Западного» и «Восточного» рудных тел.

«Западное» тело сложено вторичными кварцитами, развивающимися по дацитам. Простираение рудного тела субмеридиональное с падением на запад под углами 60-70°. При мощности 4-6 м оно прослежено на глубину до 25 м.

Как было установлено работами С.Г.Варганова, минерализация представлена вкрапленностью сульфидов, барита и золота со средними содержаниями от 6,2 г/т до 10,3 г/т.

«Восточное» тело приурочено к контакту дацитов с туфами и туффитами основного состава. Общая мощность рудного тела составляет 8-9 м, причем, наиболее крупная баритовая жила на месторождении имеет протяженность 30 м при мощности до 6 м.

Рудное тело сложено баритизированными и серицитизированными дацитами и туфами с вкрапленностью сульфидов и промышленными содержаниями золота. Из сульфидов в рудах установлены пирит, сфалерит, халькопирит и галенит. Промышленные содержания золота прослежены скважиной до глубины 70 м.

**Месторождение Туба-Каин** расположено в 20 км южнее г. Баймака. Оно изучено до глубины 40 м и эксплуатировалось до 1956 года. Объект характеризуется небольшими размерами. Он приурочен к рассланцованным дацитам, превращенным в барит-серицит-кварцевый агрегат (рис. 42).

На месторождении выделяют два участка: Западный и Восточный. Первый представлен тремя золото-баритовыми жилами длиной около 200 м при средней мощности до 5 м. Восточный участок представляет собой зону сульфидной вкрапленности.

По материалам В.В.Арбузова, средние содержания золота на месторождении составляли 8,0 г/т при 286 г/т серебра.

**Месторождения Среднее, Северное и Куртлу-Су-тау** входят в группу Тубинских объектов и расположены в пределах одноименного рудного поля (рис. 41). Как правило, месторождения представлены баритовыми жилами и параллельными линзами обохренных, окварцованных и баритизированных дацитов и вулканических брекчий. Максимальные мощности рудных зон не превышают 18 м, а по простирацию они прослежены на расстоянии до 75 м (максимально). Средние содержания золота на объектах, по материалам С.Г. Варганова, составляли 5-6 г/т при содержаниях серебра до 168 г/т.

**Рудопроявление Сукраковское.** По материалам Э.С. Бучковского, рудопроявление приурочено к кварц-лимонитовым и баритовым жилам, расположенным среди минерализованных эффузивов. Содержание золота в сульфидных прожилках мощностью до 0,62 м составляет 1,2 г/т.



## Глава 7

# ЗОЛОТОНОСНОСТЬ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение** расположено в одноименном районе Республики (рис. 42). В различное время и с разной степенью детальности изучением месторождения занимались: А.С.Бобохов, И.В.Викентьев, А.А. Малахов, В.А.Прокин, П.И.Пирожок, Г.Н.Пшеничный, И.Б.Серавкин, С.Е.Знаменский, В.Н.Скуратов, А.А.Чадченко и многие другие. Промышленные запасы месторождения сосредоточены в одном рудном теле. В его лежащем боку находятся прожилково-вкрапленные медные руды и мелкие линзы серноколчеданных руд. В кровле залежи выявлены маломощные линзы медно-цинковых и медных руд. Минералогически основная масса руд представлена пиритом, сфалеритом и халькопиритом. В подчиненном количестве встречаются блеклые руды, галенит, гематит и магнетит. Из нерудных минералов – кварц, барит, карбонаты, серициты и хлориты.

Основными полезными компонентами в рудах месторождения являются медь, цинк, сульфидная сера; попутными – золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур; «вредными» – мышьяк (0,12-0,18%), сурьма (0,066-0,6%), фтор (0,005-0,01%), ртуть (4-37 г/т).

По материалам С.Г.Варганова, первичные руды месторождения в среднем содержат 1,5 г/т золота и до 40,3 г/т серебра.

Полученные нами результаты по содержанию золота в рудах, концентратах и в хвостах этого объекта приведены в таблице 24.

**Ново-Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение.** Главное рудное тело месторождения представляет собой деформированное линзовидное тело, прослеженное по простиранию на 1250 м. Руды представлены сплошными и прожилково-вкрапленными разновидностями. Главными рудными минералами являются пирит, сфалерит и халькопирит, второстепенными – блеклые руды, галенит, магнетит. Нерудные минералы представлены кварцем, баритом, карбонатом и, реже встречающимися, серицитом и хлоритом (Пшеничный и др., 1999).

Содержания основных рудообразующих элементов в рудах месторождения подвержены значительным вариациям:

-содержания *серы* колеблются от 35% до 50,27% при неравномерном распределении ее внутри залежи;

-*цинк* наиболее распространенный элемент, также характеризуется крайне неравномерным распределением. Его содержания в рудах изменяются от долей % до 17,75%;

-*медь* очень неравномерно распределена в пределах рудной залежи. Ее содержания колеблются в пределах от сотых долей % до 4,68%.

Таблица 24

Содержания золота (г/т) в рудах, концентратах и хвостах Учалинского и Ново-Учалинского месторождений

Тип руды, концентрат	Au	Au*
Медистый колчедан (4)	0,33-1,93	1,43
Медно-цинковый колчедан (5)	0,43-1,29	0,79
Серный колчедан (4)	0,35-2,14	1,05
Цинковистый колчедан (3)	1,65-2,03	1,80
Технологические пробы (2)	2,44	2,44
Cu-концентрат (4)	2,0-6,12	3,64
Zn-концентрат (4)	1,44-3,08	2,49
Zn-хвосты (4)	0,01-3,04	1,48
Колл. хвосты (4)	0,48-1,84	1,16
Общие отвальные хвосты (1)	0,52	0,52
Итого хвосты (9)	-	1,21

*Примечание:* \*– средние значения. Цифры в скобках–количество проб. Анализы весовых проб выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами (по Д.Н.Салихову, С.Ш. Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

Из благородных металлов в рудах постоянно присутствуют золото и серебро. Содержания золота изменяются в пределах от 0,2 до 4,1 г/т, а серебра – от 1,4 до 143,4 г/т (Пшеничный и др., 1999), причем в «рудном столбе» установлены «уреганные» содержания последнего элемента (242,8 и 672,6 г/т).

Полученные нами результаты по содержанию золота в рудах, концентратах и хвостах этого объекта приведены в таблице 24.

**Сибайское медно-цинковоколчеданное месторождение** (рис. 42), открытое в начале XX века, изучалось многочисленными исследователями. В частности, его геологическое строение с различной степенью детальности было описано в работах С.Н.Иванова, К.Д.Субботина, В.А.Прокина, В.А.Маслова, М.Б.Бородаевской, А.С.Бобохова, В.С.Шарфмана, В.Г.Шигарева, А.Г.Жабина, И.Б.Серавкина и многих других. Минеральный состав руд и рудовмещающих пород изучали А.Н.Заварицкий, С.Н.Иванов, С.А.Вахромеев, Н.В.Петровская, Г.Н.Пшеничный, М.И.Исмагилов, С.Ш.Юсупов и многие другие.

В пределах месторождения выделяются три блока: Старый Сибай, Новый Сибай и Слепая залежь. В пределах Старого Сибая известны два типа рудных тел: согласные залежи брекчиевидных и массивных руд и жилообразные тела массивных и вкрапленных руд. На месторождении присутствуют пиритовые, халькопирит-пиритовые, сфалерит-халькопирит-пиритовые и сфалерит-пиритовые разновидности руд. Основными рудообразующими минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит; второстепенными – пирротин, мельниковит, магнетит. Из нерудных минералов в руде присутствуют кварц, кальцит, гипс, барит, хлорит и серицит (Серавкин, 1986).

Наряду с основными полезными компонентами – медью, цинком и серой, в рудах присутствуют: селен (12,3-56 г/т), теллур (19,9-54 г/т), кадмий (953-1500 г/т) и таллий (0,4-7 г/т). Кроме этого, в качестве примесей руды содержат: золото, серебро, свинец, мышьяк, ртуть, кобальт, молибден и др.

По материалам С.Г.Варганова, первичные руды Сибайского месторождения содержат в среднем 2,7 г/т золота. Полученные нами материалы по содержанию золота в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 25.

**Медно-цинковоколчеданное месторождение Бакр-Узяк** расположено в Сибайском рудном районе (рис. 42). Его минералого-геохимические характеристики близки к вышеописанному Сибайскому месторождению.

Рудное тело имеет субмеридиональное простирание и крутое восточное падение. Из сульфидных минералов в рудах установлены сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, а также в небольших количествах присутствует барит.

В породах подзоны окисления, прослеженной до глубины 45 м, согласно материалам С.Г.Варганова, содержание золота составляло 10-13 г/т, в то время как первичные колчеданные руды содержат в среднем 6,0 г/т золота и 67,0 г/т серебра.

Таблица 25

Содержания золота в рудах, концентратах (в г/т)  
и минералах (масс. % ) Сибайского месторождения

Тип руды	Au	Au*
Медистый колчедан (7)	0,84-1,44	0,92
Медно-цинковый колчедан (6)	2,20-6,80	4,50
Серный колчедан (2)	0,0	0,0
Цинковый колчедан (1)	0,25	0,25
Медно-пирротиновая руда (3)	0,0-0,29	0,13
Медно-магнетитовая руда (3)	0,12-0,64	1,38
Магнетитовая руда (2)	0,0-2,64	1,32
Медный концентрат (2)	2,14	2,14
Хвосты обогащения (4)	0,62-1,21	0,84
Глины зоны окисления (1)	2,84	2,84
Шлак металлургический (1)	0,90	0,90

Минералы	Au
Галенит	0,0-1,03
Халькопирит	0
Сфалерит	0,0-1,67
Пирротин	0,0
Пирит	0,0-1,25
Магнетит	0,31-2,64
Цинкистая медь	3,22

*Примечание:* Анализы со знаком \* – средние значения. В скобках – количество определений. Анализы руд и концентратов выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Анализы минералов выполнены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

Полученные нами материалы по содержанию золота в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 26.

Таблица 26

Содержания золота в рудах (в г/т)  
и минералах (масс. %) месторождения Бакр-Узьяк

Тип руды	Au	Au*
Медно-цинковый колчедан	2,90	4,50
Руды смешанного состава (7)	0,1-0,49	0,30
Цинковый колчедан (1)	0,25	0,25
Окислы Cu, Fe, сульфиды первичные и вторичные, карбонаты, сульфаты (4)	0,04-17,6	5,86

Минералы	Au
Халькопирит	0,059
Пирит	1,544
Медь самородная	0,814
Магнетит	0,673
Ковеллин	0,0

*Примечание:* Au\*-средние значения. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационными методами. Содержания в минералах определены микрозондовым методом (по Д.Н. Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Подольское медно-цинковоколчеданное месторождение** приурочено к южной части Ирэндькской структурно-формационной зоны, в пределах которой распространены базальт-андезит-липаритовые вулканические комплексы раннедевонско-эйфельского возраста (рис. 42).

Его изучением в различное время и с различной степенью детальности занимались В.А.Прокин, Ю.А.Болотин, И.Б.Серавкин, М.И.Исмагилов, А.М.Косарев и многие др. На месторождении выделяют 5 рудных тел, сложенных прожилково-вкрапленными и массивными разновидностями. Главными рудными минералами являются: пирит, мельниковит, сфалерит, халькопирит; второстепенными – галенит, марказит, германит, самородное золото, куприт и др. Нерудные минералы представлены кварцем, баритом, кальцитом, хлоритом, серицитом. На месторождении выделяются пиритовые, халькопирит-пиритовые и сфалерит-халькопирит-пиритовые типы руд. Типоморфными элементами их являются: медь, цинк, свинец, серебро, мышьяк, молибден, кобальт, барий. Полный комплекс элементов (Cu, Zn, Pb, Ag, Co, Mo, As, Sn, Bi, Cd) наблюдается вблизи рудного те-

ла, где содержания меди (0,2%), цинка (0,09%) и мышьяка (0,003%) максимальны. В лежащем боку тела установлены кобальт (0,001%) и молибден (0,007%). В надрудной зоне концентрируются барий (0,09-0,5%), свинец (0,0015-0,003%) и серебро (0,0001-0,002%).

Полученные нами материалы по содержанию золота в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 27.

Таблица 27

Содержания золота в рудах, концентратах (в г/т) и минералах (масс. % ) Подольского и Октябрьского месторождений

Тип руды	Au	Au*
Медный колчедан (2)	0,50-2,52	1,51
Медно-цинковый колчедан	-	-
Медный концентрат (4)	1,65-19,7	10,7
Хвосты (4)	0,45-0,80	0,62

Минералы	Au
Халькопирит	0,0
Сфалерит (2)	2,6-3,648-
Пирит	0,0
Борнит	0,0
Самородное золото из надрудной зоны	75,40

*Примечание:* Au\*-средние значения. Анализы выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Октябрьское медно-цинковоколчеданное месторождение** расположено в Хайбуллинском районе Республики.

Его изучением в различное время занимались И.С. Анисимов, А.М.Косарев, П.Ф.Сопко, И.Б.Серавкин, Д.А.Малахов, Г.Н. Пшеничный, В.Н. Скуратов и др.

По материалам И.Б.Серавкина (1975), Октябрьское месторождение приурочено к кальдере Маканского стратовулкана, которая расположена в пределах одноименной мульды. Геологический разрез площади представлен тремя толщами (снизу вверх): 1) базальт-андезит-базальтовой (более 900м); 2) вулканогенно-осадочной (130-280 м); 3) андезит-дацитовая (100-170 м).

К настоящему времени в пределах рудного поля выявлено 67 рудных тел различной мощности, которые представлены тремя сортами промышленных типов руд: серно-колчеданным, медным и медно-цинковым.

Содержания золота в рудах, концентратах и отдельных минералах Октябрьского месторождения, полученные нами, приведены в таблице 27.

**Юбилейное медно-цинковоколчеданное месторождение** расположено в 25 км к северо-западу от Подольского месторождения. Первые геолого-разведочные работы на объекте проводились под руководством В.А.Прокина. Изучением геологии месторождения занимались В.М.Рудаков, Н.Н.Солодкий, Г.К.Долматов, М.Н.Долгий, А.И.Кривцов, И.Б.Серавкин, А.А.Маляхов, Ю.А.Болотин, Е.С.Контарь и многие другие.

Объект приурочен к базальтовой депрессии, перекомпенсированной кислыми вулканитами (рис. 42). В продуктивном разрезе выделяются следующие толщи: 1) нижняя базальтовая; 2) нижняя риодацитовая, сменяющаяся по простирацию андезито-дацитовая; 3) средняя базальтовая; 4) верхняя риодацитовая; 5) верхняя базальтовая (Контарь, Либарова, 1997). Само месторождение представлено шестью залежами, состоящими из пиритовых, халькопиритовых и сфалерит-халькопирит-пиритовых разновидностей руд, залегающих на разных уровнях продуктивного разреза.

По материалам Г.К.Долматова, в цинковых рудах Юбилейного месторождения содержания золота составляют 4,2 г/т, а серебра – до 12,4 г/т; в медных рудах содержания Au – 1,4 г/т, серебра – 9,2 г/т. По данным этого же автора содержания благородных металлов в различных залежах месторождения изменяются в следующих пределах (в г/т):

- 1 залежь – 8,6-11,6 Au и 24,9-96,5 Ag;
- 2 залежь – 8,4 Au и 26,9 Ag;
- 3 залежь – 8,3 Au и 58,2 Ag.

Полученные нами материалы по содержанию золота в рудах, концентратах и отдельных минералах этого месторождения приведены в таблице 28.

Таблица 28

Содержания золота в рудах, концентратах (в г/т)  
и минералах (масс. %) Юбилейного месторождения

Тип руды	Au	Au*
Медный колчедан	0,88-1,84	1,25
Медно-цинковый колчедан	0,60-4,20	1,59
Серный колчедан	<1,0	<1,0
Песчаники, пески и глины (9)	0,26-1,08	0,51
То же, иловая фракция	0,28-0,48	0,35
Медный концентрат (2)	4,24	4,24

Минералы	Au
Галенит (2)	0,71-1,37
Самородный цинк	4,895

*Примечание:* Au\*-средние значения. Анализы руд и концентратов выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами. Содержания в минералах определены микрозондовым методом (по Д.Н.Салихову, С.Ш.Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

**Бурибайское месторождение** приурочено к полосе развития спилитов, диабазов и туфов основного состава баймак-бурибаевской свиты, отложения которой прорваны многочисленными дайками пород основного и среднего состава (рис.42).

Оруденение приурочено к спилитам и туфам и образует четыре рудных тела линзообразной и неправильной формы. В западной части месторождения рудовмещающие породы перекрываются туфами и туффитами улутауской свиты. Околорудные изменения пород выражены в сильном окварцевании, хлоритизации и сульфидизации. Наиболее крупным рудным телом является Южная залежь, которая прослежена по простиранию на 200 м при мощности до 50 м.

Руды представлены массивными, брекчиевидными и, реже, полосчатыми разновидностями.

По материалам Л.Д.Куршакова, в различных промышленных типах руд содержания благородных металлов составляют (в г/т):

- массивные медные руды – 1,4 Au и 11,4 Ag;
- вкрапленные медные руды – 2,2 Au и 18,5 Ag;
- медно-цинковые руды – 1,7 Au 12,9 Ag;
- серные руды – 0,4 Au и 2,6 Ag.



\* \* \*

Кроме описанных выше объектов, в пределах Учалинского и Баймакского районов Республики относительно широко распространены мелкие месторождения и рудопроявления колчеданных руд. Содержания золота в некоторых из них приведены в таблице 29. По большей части эти объекты разрабатывались либо разведывались, но подробные данные о геологическом строении месторождений и рудопоявлений, характере оруденения и описание самих рудных тел в литературе отсутствуют.

Таблица 29

Содержания золота и серебра (в г/т)  
в мелких месторождениях и рудопоявлениях

№ п/п	Название объекта	Au	Ag
1	Куль-Юрт-тау	1,5	10-15
2	Западное	2-2,6	-
3	Алибаевское	0,7	2,0
4	Ново-Самарское	1,5	40
5	Кангельды-тау	0,5	2,0
6	Каинды-Гул	0,4	-

*Примечание:* по материалам С.Г.Варганова, 1968 ф.

В последние годы нами, при выполнении научно-исследовательских работ было проведено опробование на золото ряда месторождений и рудопоявлений колчеданной формации, некоторые из которых расположены за пределами территории Республики Башкортостан (Челябинская область). Мы посчитали нужным привести эти материалы в заключение этой главы (табл. 30), так как, на наш взгляд, эти данные позволят проводить сравнительный анализ, а также ставить вопрос об их более детальном изучении.

Таблица 30

Содержания золота в рудах, концентратах и хвостах из  
отдельных месторождений Южного Урала (в г/т)

Тип руды, концентрат	Au
<u>Узельгинское месторождение:</u>	
медно-цинковая руда	1,20
медный концентрат (2)	0,96-3,92
цинковый концентрат	3,68
хвосты медной флотации (2)	0,84-1,28
коллективные хвосты	0,92
<u>месторождение XIX партсъезда:</u>	
цинковый колчедан	12,3
<u>Молодежное месторождение:</u>	
медный концентрат	2,52
хвосты цинковой флотации	2,32
коллективные хвосты	0,48
<u>Александринское месторождение:</u>	
цинковый колчедан	2,36
<u>Гумеровское месторождение:</u>	
вмещающие метаморфические сланцы с вкрапленностью сульфидов (4)	0,08-0,50
<u>Караяновское рудопроявление:</u>	
медно-пирротиновые руды	0,07
эклогит с сульфидной вкрапленностью	0,12
<u>Юлукское месторождение:</u>	
медный колчедан	1,91

*Примечание:* В скобках – количество определений. Анализы руд и концентратов выполнены спектрохимическим, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационным методами (по Д.Н.Салихову, С.Ш. Юсупову, С.Г.Ковалеву и др., 2001).

## Глава 8

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Все собственно золоторудные месторождения и рудопроявления, рассмотренные в данной работе, относятся к гидротермальному и гидротермально-метасоматическому типам. Те и другие формируются в условиях флюидного потока, проявившегося в тектонически активных областях и в определенные этапы развития региона. Многие месторождения приурочены к интрузивным телам разного возраста и формационной принадлежности, в рудном поле почти всегда присутствуют дайки. Оруденение, при этом, наложено на интрузивные породы по определенной системе региональных разломов, то есть, прямая генетическая связь оруденения с большинством интрузивных тел отсутствует. Однако, часть из них контролируется той же системой разрывных нарушений, что золоторудные проявления. К последним относятся малые интрузии и дайки позднепалеозойского возраста (Салихов, 1997). Таким образом, интрузивные образования позднего палеозоя, очевидно, имеют парагенетическую связь с флюидами (гидротермами), которые генерировали золоторудные месторождения (Салихов, Бердников, 1985).

Физико-химические проблемы процессов минералообразования в настоящее время рассматриваются как одна из основ прогноза месторождений полезных ископаемых.

Учет физико-химических параметров, при которых происходит формирование минералов золота, при целенаправленном изучении вещественного состава пород и руд, позволяет более обосновано подходить к вопросам генезиса золоторудных месторождений.

Для рассматриваемых в данной работе гидротермальных месторождений, очевидной является необходимость обобщенного анализа данных по температурным, барическим, окислительно-восстановительным условиям, химическому составу флюидных фаз, которые изучены на аналогичных месторождениях других регионов. Кроме того, мы придаем особое значение изучению возможных форм переноса и вхождения золота в минералы-концентраторы.

## 8.1. Физико-химические параметры выделения золота в минералообразующих флюидах

Основная форма нахождения золота в природе – самородное золото различной пробы от 200 до 1000 ‰. Наиболее распространено золото с содержанием серебра 25-30 %, затем – электрум, содержащий 45-50 % Ag, сравнительно редко встречается кюстелит – более 50 % Ag. Самородное золото характерно, главным образом, для россыпных и коренных месторождений, относящихся к группе золото-кварцевой формации. Золото с высокими содержаниями примесей принято называть по виду последних: «медистое золото»\* («купроаурид» или «аурикуприд»), «палладистое золото» и т.п.

Существенное количество золота в виде так называемого «тонкодисперсного», «микродисперсного», «невидимого» содержится в минералах сульфидных руд: пирите, халькопирите, арсенопирите, пирротине, сфалерите и др. Так, известны рудопроявления золота с киноварью, теллуридами, галенитом, халькозином, а также с селенидами Ag, Hg, Cu, Pb, с арсенидами Co, Ni. К минеральным формам золота, кроме самородного и электрума, относят теллуриды: калаверит  $\text{AuTe}_2$ , креннерит  $\text{AuTe}_2$ , силванит  $\text{AuAgTe}_4$ , петцит  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ , аурустибит  $\text{AuSb}_2$ .

Рассматривая отдельные вопросы образования золоторудных месторождений, мы а priori принимаем, что проявление особенностей золоторудного накопления обусловлено специфичностью физико-химических свойств металла в конкретных геохимических условиях.

**Химическая устойчивость.** Золото относят к инертным металлам. Стандартный электродный потенциал пары  $\text{Au}/\text{Au}^+$  составляет +1,70 В, тогда как потенциал наиболее активного металла цезия (Cs) в растворе равен –3,06 В. Золото непосредственно не реагирует с кислородом, а с серой, водородом, азотом, углеродом не взаимодействует даже при высоких температурах. С сульхи галоидами реагирует только при нагревании. В кислотах:

---

\* Месторождение «медистого золота» установлено М.Н.Новгородовой и др. (1980) на горе Карабаш (Урал).

соляной, серной, азотной при отсутствии окислителей не растворяется. Так же устойчиво золото и по отношению к щелочам.

Соли  $\text{Au}^+$  в воде практически не растворимы (при обычных условиях), во влажном состоянии не устойчивы. Только при высоких температурах золото взаимодействует с теллуром, образуя теллурид  $\text{AuTe}_2$ . В компактном виде золото менее активно, чем в атомарном. В возбужденном атомарном состоянии, достигаемом путем испарения металла в вакууме при высокой температуре, золото взаимодействует с кислородом, этиленом, оксидом и диоксидом углерода. Методом совместной конденсации удастся синтезировать комплексы  $\text{Au}(\text{O}_2)$  – дикислород-золото,  $\text{Au}(\text{C}_2\text{H}_4)$  – этилен золото,  $\text{Au}(\text{CO})$  и  $\text{Au}(\text{CO})_2$  – карбонилы золота.

**Окислительно-восстановительные свойства.** Как известно, для того, чтобы вещество взаимодействовало с другим, оно должно находиться в реакционно способной форме. Перевод из элементарного состояния в ионное осуществляется при полном отрыве от атома наименее связанного электрона; необходимая для данного процесса энергия характеризует устойчивость атома и называется энергией ионизации. Чем устойчивее атом, тем выше его энергия ионизации, в электрических единицах последняя эквивалентна понятию ионизационный потенциал. Номера ионизационных потенциалов соответствуют количеству отрываемых электронов, т.е. зарядности образующегося катиона. Первый потенциал ионизации золота – 890 кДж/моль, для сравнения: ионизационный потенциал наиболее активного из металлов – самовоспламеняющегося на воздухе и взрывающегося при соприкосновении с водой цезия составляет 375 кДж/моль. Электронное строение атома золота имеет вид:  $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$ . Процесс ионизации протекает по схеме  $\text{Au}[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1 \rightarrow \text{Au}[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}$ . Внешний 6s-электрон слабо экранируется от заряда ядра электронами 4f- и 5d-орбиталей, соответственно и потенциал ионизации значительно превосходит данный показатель для цезия, электронная конфигурация которого представлена следующим образом:  $[\text{Xe}]6s^1$ . Ионизация цезия может быть записана так:  $\text{Cs}[\text{Xe}]6s^1 \rightarrow \text{Cs}^+[\text{Xe}]$ . Внешний 6s электрон для цезия экранирован от ядра завершённой электронной структурой, соответствующей инертному ксенону, в противоположность золоту, на валентный электрон цезия действует значительно более низкий эффективный заряд ядра, атом цезия легко ионизируется, переходя в окисленную форму.

Естественно, что второй и последующие потенциалы ионизации золота имеют более высокие значения: 2–1980 кДж/моль, 3–2980 кДж/моль, 4–4200 кДж/моль (Паддефет, 1982), что свидетельствует о большой устойчивости восстановленной формы самородного золота.

Кроме потенциала ионизации, в качестве критерия оценки стабильности атома (молекулы или радикала) служит сродство к электрону – понятие о степени энергичности присоединения электрона. Сильные элементы-восстановители (к ним относятся и металлы, начинающие ряд напряжений) имеют невысокое сродство к электрону ~ 18-30 кДж/моль, для сильных окислителей, напротив, характерно высокое сродство к электрону (~ 360 кДж/моль). Электроотрицательность золота оценивают ~ 220 кДж/моль. Склонность к переходу в окислительное состояние определяется также по величине стандартного электродного потенциала  $E^{\circ}$ , рассчитываемого через константу реакции  $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^+(\text{aq}) + e^-$ .

$E^{\circ}_{(I)}$  для золота (I) составляет 1,70 В, для стандартной температуры  $E_h$  реакции определяется уравнением

$$E_h = 1,70 + 0,059 \lg [\text{Au}^+].$$

Для Au (III) расчет выполняется аналогично;

$$E^{\circ}_{(III)} = 1,50 \text{ В } \text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e^-; E_{h(III)} = 1,5 + 0,0197 \lg [\text{Au}^{3+}].$$

Значения электродных потенциалов ( $E_h$ ) окисления самородного золота до  $\text{Au}^+$  или  $\text{Au}^{3+}$  высоки, находятся выше верхнего предела устойчивости воды, т.е. в области окисления воды с выделением кислорода. Окислить золото кислородом в этих условиях невозможно, оно будет находиться в восстановленном состоянии. Перевести Au в раствор в подобном случае можно регулированием величин  $\lg [\text{Au}^{3+}]$  или  $\lg [\text{Au}^+]$ , например, путем связывания ионов золота в прочные комплексы. За счет снижения  $[\text{Au}^{3+}]$  или  $[\text{Au}^+]$  уменьшается электродный потенциал перехода  $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{n+}$ , граница устойчивости восстановленного золота сдвигается, достигая предела стабильности воды. Происходит это в области низких pH.

Высокий ионизационный потенциал, относительно большая электроотрицательность, значительный стандартный электродный потенциал в водной среде характеризуют золото как химически стойкий, не окисляющийся, в высшей степени благородный металл. Фундаментальной причиной столь уникальных свойств

элемента является строение атома, особенности его электронной конфигурации.

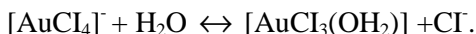
**Комплексообразующая способность.** Другим важным для минералогии золота свойством является его склонность к комплексообразованию. Комплексообразование присуще широкому кругу химических элементов. В химической литературе по золоту подавляющее число работ посвящено изучению процессов комплексообразования, как в водных, так и неводных средах. Круг комплексов, образуемых золотом с органическими лигандами значительно шире, чем с неорганическими. Склонность к комплексообразованию свойственна ионам золота разной валентности, в наибольшей степени изучены комплексы Au(I) и Au(III).

Свойства комплексного соединения определяются его структурным типом, который, в свою очередь, зависит от координационного числа комплексообразователя. Для многих комплексообразователей характерны определенные координационные числа даже для разнообразных лигандов и различных их концентраций.

Для Au(I) предпочтительно координационное число 2, комплексам присуща линейная конфигурация. Известны нестойкие комплексы с тройной и четверной координацией, с органическими лигандами. Золото (I) может образовывать комплексы катионной природы:  $[\text{Au}(\text{OH}_2)_2]^+$  (аквакомплекс),  $[\text{Au}(\text{NH}_3)_3]^+$  (аммиачный); нейтральные:  $[\text{Au}_2\text{Te}]$ ,  $[\text{Au}_2\text{Se}]$ ,  $[\text{Au}_2\text{S}]$ ,  $[\text{AuCN}]$ ; анионные:  $[\text{AuX}_2]^-$ , где X – галогенид,  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  – цианидный,  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  – тиосульфатный.

Для комплексов Au(III) характерно координационное число 4, димерная (плоско-квадратная) конфигурация, они диамагнитны, как и комплексы Au(I). Пяти и шести координатные комплексы Au(III) редки. Наиболее изучены галогенидные комплексы  $[\text{AuX}_4]^-$ , аммиачные  $[\text{Au}(\text{NH}_3)_4]^{3+}$ ,  $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$  – цианидный, но аква-ион  $[\text{Au}(\text{OH}_2)_4]^{3+}$  не образуется.

Галогенные комплексные ионы  $[\text{AuCl}_4]^-$ ,  $[\text{AuBr}_4]^-$  в воде гидролизуются с образованием аквакомплексов



Аквакомплексы, в свою очередь, диссоциируют, давая гидроксокомплексы:



Итоговое уравнение для щелочной среды имеет вид:



Таким образом, набор гидроксокомплексов Au(III) будет определяться кислотностью среды.

Сульфид Au (I)  $\text{Au}_2\text{S}$  нерастворим в воде, может образовываться при насыщении золотосодержащего раствора сероводородом  $\text{H}_2\text{S}$  в слабокислой среде. Комплексные ионы Au (I), содержащие серу, образуются при растворении  $\text{Au}_2\text{S}$  в растворе сульфидов щелочных металлов, классифицируются как тиосоли:  $[\text{AuS}]^-$  и  $[\text{AuS}_2]^{3-}$ . В кислой среде неустойчивы, разрушаются с выделением  $\text{Au}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{S}$ .

Сульфид Au (III)  $\text{Au}_2\text{S}_3$  неустойчив, водой разлагается на  $\text{Au}_2\text{S}_2$  и серу. Комплекс  $[\text{AuS}_3]^{3-}$  также неустойчив в воде и переходит в  $[\text{AuS}_3]^{3-} \rightarrow [\text{AuS}]^- + \text{S}_2$ .

**Коллоидное состояние.** Водные растворы соединений золота не устойчивы, они легко восстанавливаются до металлического золота. Особенностью процесса является способность золота осаждаться в зависимости от вида восстановителя в тонкодисперсном состоянии. Разброс степени дисперсности частиц золота значителен: от пылевидных микрочастиц, сильно прилипающих к поверхности стенок сосуда, механическим примесям и т.п., до субмикрочастиц, образующих устойчивые коллоидные растворы различных цветов, в зависимости от размеров частиц. Роль восстановителей могут выполнять сернистый газ, органические соединения и другие вещества. Знаменитый «Кассиев пурпур» – один из коллоидов, образуемых комплексными ионами Au (III), при восстановлении растворов золота соединениями олова.

Коллоидное состояние многими исследователями рассматривается как одна из форм переноса золота в процессах гидро-термального минералообразования.

**Формы нахождения.** Формы нахождения золота в кварц-золоторудных и золото-сульфидных месторождениях подразделяют в основном на два вида:



1) самородное, либо другие собственные минералы, наблюдаемые и диагностируемые инструментально;

2) «распыленное», «тонкодисперсное», «невидимое», «invisible gold» – обнаруживаемое по результатам валового анализа, но минеральную форму установить не удастся.

Обширная и детальная информация по самородному золоту содержится в классическом труде Н.В.Петровской «Самородное золото» (1973). Самородное и «невидимое» золото встречаются в ассоциации как с кварцем (главным образом самородное в месторождениях кварцево-жильного типа), так и с различными сульфидами золото-сульфидных, колчеданных, полиметаллических месторождений (более характерно тонкодисперсное золото). Сравнительно редко рассеянная форма выявляется в кварце, к таким относят месторождения: Зеленое, Динамитное в юго-восточной части Восточного Саяна (Айриянц и др., 2002).

К минералам сульфидных руд, в которых традиционно обнаруживают золото, относятся пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, галенит, реже сфалерит, самородный мышьяк. Но список минералов – концентраторов золота расширяется.

Минеральные формы золота описаны для барит-борнит-халькопиритовых руд южноуральских месторождений Таш-Тау, Александринского, Молодежного (Зайков, 2001). Ураганые содержания гнездообразно распределенного самородного золота установлены в борнитовых «рудных столбах» Урупского месторождения, расположенного на Северном Кавказе (Преображенская, 2001). Встречено самородное золото в кобальтине (Ишкининское месторождение, Урал), в кобальт-пентландите, а также в ассоциации с самородным висмутом и пильзенитом ( $\text{BiTe}_3$ ) самородное золото выявлено на Ивановском месторождении (Урал). Во вкрапленных рудах этого же месторождения золото сосредоточено в виде эмульсиевидных включений и изометричных зерен в глауконите (Зайков и др., 2001).

Детальными исследованиями с помощью микроанализатора рассеянное золото (месторождение Дальнее, Чукотка) установлено в самородном мышьяке (0,64-2,0 %), арсенопирите (0,05-0,86 %), в сульфоарсенидах серебра (0,22-0,71 %) (Кравцова, 1977). Применение метода вторичной ионной масспектрометрии (SIMS), дающего возможность определять в сульфидах до 0,016-0,25 ppm золота, а также выявлять мельчайшие частицы (до 10 мкм) для изучения сульфидов из современных подводных гидротермальных построек (Снейк-Пит и «Логачев», СОХ, Ат-

лантический океан; Венский лес (бассейн Манус) и Бассейн Лау, Тихий океан) позволило обнаружить «невидимое» золото во всех главных сульфидных рудах. Максимальные содержания в пирите и марказите – от 0,60 до 31,58 ppm, в халькопирите из разных построек – от 0,024 до 9,25 ppm, в борните – от 0,79 до 2,09 ppm (Бортников и др., 2000).

Таким образом, относительное однообразие форм нахождения золота в коренных месторождениях разного типа характерно для различных золотоносных районов. Следовательно, существуют общие причины (первостепенного значения), способствующие накоплению рудных концентраций золота на геохимических барьерах.

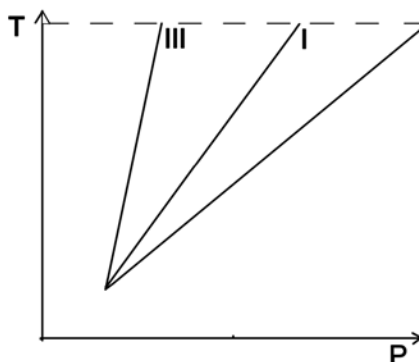
В настоящее время большое значение придается флюидному переносу вещества при минералообразовании и рудогенезе (Г.Краускопф, Д.С.Коржинский, Л.Н.Овчинников, А.А.Маракушев и др.). Образование геохимических ассоциаций, возникших с широким участием флюидного переноса и важные для рудной геохимии и минералогии, рассматриваются на основе представлений о восходящей миграции рудного вещества, которое мобилизуется в глубинных зонах Земли, под воздействием сильно восстановленных водородных флюидов (Маракушев, 1976). Согласно этим представлениям, флюиды должны быть первоначально обогащены галогенами (особенно хлором) и щелочными металлами (особенно натрием), а также золотом совместно с Ag, Cu, Ni, Co, Te, Bi, МПГ и др. Благодаря высокой комплексообразующей способности  $Au^+$  и  $Au^{3+}$ , а также развитой адсорбционной способности ультраосновных и щелочных пород, последние должны быть наиболее активными концентраторами золота, что и наблюдается во многих случаях.

Подвижность золота в верхних горизонтах коры, главным образом, связана с миграцией водных растворов, причем наиболее реальными формами нахождения золота в гидротермальных растворах являются простые и смешанные многоядерные комплексы  $Au^{1+}$ : гидроксильные, гидроксохлоридные и гидросульфидные («Горная ...», 1986). Кроме того, в низкотемпературных гидротермальных условиях, а также в поверхностных водах возможна миграция и перераспределение Au в виде растворимых комплексов, среди которых наиболее распространенными являются фульватные и гуматные соединения. В гипергенных условиях миграции золота осуществляется в виде коллоидных растворов и механической взвеси.

Локальное рудонакопление требует резкого изменения миграционной способности отлагающегося компонента. В теории гидротермального минералообразования имеется большое количество экспериментальных данных, показывающих, что кардинальное изменение минералообразующего флюида связано, помимо его химизма, с изменением таких параметров, как температура и давление (Наумов, 1980). При неизменном элементарном составе под влиянием температуры и давления меняются ионный состав, окислительно-восстановительные, кислотно-основные свойства, плотность среды, растворимость, миграционные, сорбционные способности компонентов. Схематично можно показать, как существенно различается состояние флюида определенного исходного состава под воздействием монотонно меняющихся температуры и давления при различных опережающих градиентах – термическом или барическом (рис. 43). По данной схеме можно проследить и обратный ход, когда флюиды, имеющие одинаковую температуру, но разное давление, переходят в состояние с равными параметрами при различных отношениях  $\Delta P$  и  $\Delta T$ .

**Рис. 43. Схема влияния давления и температуры на состояние флюида (диссоциацию электролитов) при различных вариантах термобарического градиента  $\delta T/\delta X - \delta P/\delta X$  (по Наумову, 1980)**

*Цифры:* I – равномерное изменение  $T$  и  $P$ , II – опережение повышения давления, III – опережение повышения температуры. Интервал изменения  $T - n \cdot 100^\circ\text{C}$ ,  $P - n \cdot 1000 \text{ атм.}$



Схема, изображенная на рисунке, качественно отражает тот факт, что диссоциация компонентов одного и того же раствора происходит по разному и зависит не только от состава исходного раствора, но и от изменения температуры и давления. Расчетными методами химической термодинамики, выполненными для температур и давлений, реальных для природных процессов

в хлоридных и карбонатных минералообразующих средах, было показано, что с изменением температуры и давления меняется и кислотность таких растворов (Наумов, 1977, Наумов, 1980). Понижение температуры при постоянном давлении приводит к закономерному изменению кислотности. Растворы оказываются более щелочными при высоких температурах, при охлаждении они становятся все более кислыми, пройдя через минимум, вновь стремятся к нейтральным и даже щелочным средам. Наиболее интенсивно проявляется стадия нарастающей кислотности, максимум проявления зависит от химического состава растворов. Для хлоридных растворов более резкое нарастание кислотности возникает при относительно высоких температурах (350-450°C), для углекислых – при более низких (300-150°C). Падение давления смещает равновесия в обратную сторону к более щелочным средам (за счет снижения плотности растворов в закрытых системах и в результате отгона летучих компонентов в случае открытых систем). В обобщенном виде результат моделирования, выполненного Г.Б.Наумовым, таков: понижение температуры приводит к повышению кислотности, падение давления – к увеличению щелочности среды.

В реальных процессах контрасты в состоянии минералообразующей среды осложняются характером изменения термобарических градиентов, например, монотонное снижение либо резкий спад давления при тектонических подвижках. Важное значение при этом будет иметь пространственная неоднородность вмещающей среды, развитие разрывных нарушений.

**Температурные условия.** Сведения о температурах образования кварц-золоторудных, а также золото-сульфидных типов месторождений многочисленны и основаны в большинстве случаев на данных термобарогеохимических исследований. По результатам гомогенизации отдельных включений температурный интервал образования золоторудных кварцевых жил Центрального рудного поля (Кузнецкий Алатау) составляет 340-160°C. Жилы формировались из остывающих слабо концентрированных гидротермальных карбонатных растворов. Рассчитанное давление не превышает 600-750 бар (Булынников, 1978). Для золоторудных месторождений юго-восточной части Восточного Саяна (в пределах Гаргано-Бутугольской антиклинальной зоны) температуры гомогенизации включений лежат в пределах 380-130°C, см. табл. 31 (Кныш, Шугурова, 1978).

Таблица 31

Состав газовой фазы и температуры гомогенизации  
индивидуальных включений в минералах золоторудных  
месторождений (по С.К.Кныш, Н.А.Шугуровой, 1978)

Место рож- дения	Минеральная ассоциация и вмещающие породы	Т гомог, °С	Концентрация, объемные %					
			H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HF, HCl CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> + ред- кие газы
1	Золото-серебро- кварц-полиме- таллическая	200- 390	74,5		25,5	-	-	
			-	29,0		30,0	15,0	26,0
	Рудные тела залегают в кон- такте листвени- тов и гранитов	265- 385	-	36,5	-	25,5	14,5	23,5
			-	-	-	-	-	100
2	Золото-пирит- кварцевая с тел- луридами Гнейсоплагиогра- ниты в контакте с известняками	305	88,0		12,0	-	-	-
		260	74,0		26,0	-	-	-
		380						
			88,0		12,0	-	-	-
3	Золото-кварц- полиметалл. Граниты	160	96,5		-	-	-	3,6
		195	-		-	-	-	100
		275	92,0			-	-	8,0
4	Золото-кварц- полиметалли- ческая Битуминозные известняки, сланцы, граниты	170	96,0		4,0	-	-	-
		200	57,0		-	12,5	-	30,5
		320	100		-	-	-	-
		260	35,5		25,5	-	-	39,0
5	Золото-кварц- полиметалли- ческая Граниты, гнейсо- плагиограниты	220	85,5		12,5	-	-	-
		320	97,5		-	-	-	2,5
		375	100,0		-	-	-	-
		380	-					100

Примечание: 1-5-месторождения (1-Зун-Оспинское, 2-Ключ Золотой, 3-Сумсу-Нурское, 4-Зун-Холбинское, 5-Барун-Холбинское).

Приводя результаты термобарогеохимических исследований, необходимо сделать следующее примечание. Определение температур и давлений процессов минералообразования методами термобарогеохимии основано на представлениях о том, что во включениях кристаллов загерметизирована часть маточной среды, сохраняющая объективную информацию о фазовом составе и свойствах минералообразующей среды, условиях кристаллизации. Многочисленными экспериментальными работами по изучению P-V-T-X условий кристаллизации искусственного кварца однозначно было показано, что в случае сингенетичных включений их агрегатное состояние точно соответствует состоянию минералообразующей системы, фазовые переходы во включениях и маточной среде идентичны.

Температура гомогенизации включения может быть принята за *минимально возможную температуру кристаллизации*. Только при росте кристалла в гетерогенной среде и захвате включением жидкой фазы температура гомогенизации соответствует температуре образования кристалла. Если кристаллизация происходит в гомогенном растворе, то для определения истинной температуры необходимо вводить поправку на давление, так как температура гомогенизации зависит, главным образом, от плотности раствора, и в меньшей степени от его концентрации и химизма. Величина поправки для воды и малоконцентрированных растворов (~ 4-5%) при давлениях до  $5 \cdot 10^7$  Па не превышает 30-40°C, но при  $1,5 \cdot 10^8$  Па поправка составляет >100°C. Увеличение концентрации нелетучих компонентов повышает температуру гомогенизации, а летучих ее понижает (Балицкий, 1982, Наумов, Самойлович, 1982).

По температурам гомогенизации включений в кварце из продуктивных кварцевых жил кварц-золоторудных месторождений Амура-Охотской складчатой области определены температуры рудообразования таких месторождений, как Афанасьевское (250-180°C), Харгинское (250-160°C); Токурское (250-160°C) (Парада, 2002).

В результате исследования флюидных включений в «рудном» кварце ряда золоторудных месторождений юго-восточной части Восточного Саяна (Зеленое, Динамитное, Южное, рудопроявления Сагансайское и Конгломератовое), относимых к золото-кварцевому типу, установлено, что формирование золоторудной минерализации происходило в несколько стадий при

снижении температуры минералообразующих растворов от 300 до 180°C (Айриянц и др., 2002).

Согласно исследованиям золото-палладиевой минерализации рудопроявлений Приполярного Урала (Чудное и Нестеровское), расположенных на хребте Малдынырд, ее формирование происходило в основном в хлоридно-натриевой среде (изредка с примесью KCl) и концентрации 4-6 % NaCl-эквивалента. Температура процесса не превышала 120°C (Суренков и др., 2001).

Исследуя температурные условия формирования рудопроявлений, относящихся к золото-кварцевой (с «убогим сульфидным оруденением» по Н.В.Петровской) и золото-кварц-сульфидной формациям, В.Д.Попов и Н.Б.Бархударян (1978) выделили продуктивные на золото ассоциации: кварц-пирит-арсенопиритовую, кварц-полиметаллическую и халцедоновидно-кварцевую. Для определения температур образования кварца, ассоциирующего с золотом, использовался кварц самородков и сростков с золотом из россыпей, находящихся вблизи коренных источников. Три выделенных участка отличаются температурными условиями выделения кварца. На первом и втором участках установлены четыре стадии минералообразования с температурными интервалами: кварцевая – 380-240°C, 400-240°C; кварц-пиритовая – 280-140°C и 320-180°C; кварц-полиметаллическая с золотом – 180-80°C и 280-100°C и золотохалцедоновидно-кварцевая – 100-50°C и 160-50°C. На третьем участке выделено три стадии минералообразования: кварцевая (температура гомогенизации 400-240°C, максимум частоты встречаемости приходится на интервал 260-240°C), кварц-пирит-арсенопиритовая с золотом (температура гомогенизации 260-50°C, максимум 180-140°C) и кварц-полиметаллическая с золотом (температура гомогенизации 220-50°C, максимум 120-100°C).

По данным декрепитации кварцев из сростков с золотом и самородков установлены сходные диапазоны температур их образования с жильным кварцем соответствующих рудопроявлений (табл. 32).

Для сульфидных золотосодержащих руд, образовавшихся в результате современной гидротермальной деятельности (подводные постройки в спрединговых зонах Атлантического и Тихого океанов) приводятся следующие температуры образования (табл. 33).

Таблица 32

## Температуры декрепитации кварца

Участок	Стадия минералообразования	Температуры декрепитации, °С	
		Жильный кварц рудопроявлений	Кварц из сростков с Au
1	Кварцевая	<u>540-220</u> 380-360	<u>550-260</u> 380-360
	Кварц-пиритовая	<u>380-100</u> 280-260	<u>320-140</u> 240-220
	Кварц-полиметаллическая с золотом	<u>220-100</u> 160-140	<u>180-100</u> 140-120
	Халцедоновидно-кварцевая	<u>160-40</u> 120-100	<u>120-40</u> 100-80
2	Кварцевая	<u>560-200</u> 380-360	<u>540-360</u> 460-440
	Кварц-пиритовая	—	<u>440-340</u> 380-360
	Кварц-полиметаллическая с золотом	<u>340-100</u> 220-200	<u>340-80</u> 220-200
	Золото-халцедоновидно-кварцевая	<u>200-40</u> 120-80	<u>160-60</u> 100-60
3	Кварцевая	<u>560-200</u> 400-380	<u>500-240</u> 400-350
	Кварц-пирит-арсенопиритовая с золотом	<u>380-240</u> 320-300	-
	Кварц-полиметаллическая с золотом	<u>280-40</u> 220-200	<u>260-60</u> 220-200

*Примечание:* В знаменателе – интервал максимума частоты взрываемости включений, °С (по В.А.Попову, Н.Б.Бархударян, 1978)

По данным С.М.Жмодик с соавторами (2001), расчеты температур отложения золота в трубе черного курильщика гидротермального поля «Логачев» (САХ) свидетельствуют о широком интервале температур минералообразования: 120-160°С и 240-300°С с максимумом отложения при 250-260°С. В приводимых этими же авторами литературных данных для трубы черного курильщика из бассейна Лау (Тихий океан) указывается, что отложение золота происходит в интервале ~235-280°С, с максимумом 250-260°С.



Таблица 33

**Характеристика современных сульфидных построек  
(по Н.С.Бортникову и др., 2000)**

Гидротермальное поле	Геодинамическая позиция	Ассоциированные породы	Минеральный состав	Температура, °С
Снейк Пит	СОХ, Атлантический океан	Толеит. базальты	Халькопирит, изокубанит, пирротин, сфалерит, пирит, марказит	330-350
“Логачев”	То же	Серпентиниты	Пирротин, халькопирит, сфалерит, изокубанит, борнит, марказит	350-375
Венский лес (басс. Манус)	Зона спрединга в задуговом бассейне, Тихий океан	Толеит. базальты	Сфалерит, пирит, халькопирит, вюртцит, галенит, марказит	275
Бассейн Лау	То же	Толеит. и коматиит. базальты, бониниты	Сфалерит, пирит, марказит, халькопирит, борнит, ковеллин	220-275

Л.Г.Пальмова и др. (1978) изучили образцы пород рудных и пострудных стадий нескольких месторождений золота, относящихся к золото-кварцевой формации с малым количеством сульфидов. Образцы рудных стадий всех месторождений представлены кварцем из золото-кварцевых жил с редкой вкрапленностью пирита и арсенопирита. Из образований пострудных стадий анализировались образцы кварц-карбонатных и кальцитовых жил. Было установлено, что гомогенизация включений в рудных образцах происходила в интервале температур 260-310°С, а в пострудных – при 90-120°С.

Применив комплекс термометрических методов при изучении золотого оруденения (месторождение штокверкового типа, кварцевые прожилково- жильные рудные тела с золотоносными сульфидами и шеелитом, относящиеся к малосульфидной формации, Центральные Кызылкумы) исследователи И.М.Юдин и др. (1978) показали, что температура (без поправок на давление) формирования данного месторождения, при общей тенденции ее снижения от ранних образований к поздним, характеризуется

инверсионными перепадами, которые объясняются перерывами в минералообразовании. Выделено три этапа рудообразования, установлены следующие интервалы температур: для рудного кварца I этапа – 300-160°C; для рудного кварца II этапа (в ассоциации с пиритом и арсенопиритом) – 420-220°C и для кварца в ассоциации с пиритом-турмалином – 420-220°C; для кварца позднего III этапа – 420-120°C.

При определении температур образования кварца из золотоносной группы жил (Кольский полуостров) методом термовакuumной декрепитации (Икорский и др., 1978), зафиксирован температурный интервал 200-420°C.

Для золото-сульфидного месторождения Олимпиада (Енисейский край, Сибирь) установлено два типа руд: первичные и гипергенные (месторождение залегает в толще осадков, представленных породами зеленосланцевой фации: кварц-слюдистыми сланцами, содержащими горизонт кремнисто-карбонатно-углеродистых пород). Для обоих типов руд характерно присутствие шеелита (Афанасьева и др., 1997). Температуры выделения раннего шеелита, геохимически связанного с ранней золото-арсенопирит-пирротиновой минерализацией, находятся в интервале 370-430°C, а позднего, ассоциирующего с поздней золото-антимонит ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )-бертьеритовой ( $\text{Fe Sb}_2\text{S}_4$ ) – около 200°C.

Температуры формирования золоторудных месторождений различных структурно-формационных зон Урала составляют 540-80°C (Сазонов и др., 1993). Самородное золото отлагается на фоне понижения температуры. Раннее, убогое орудование возникает при 300°C из существенно водных растворов, позднее – из существенно углекислых при 200-80°C.

Наиболее объемный материал об особенностях формирования месторождений золота, выявляемых методами термобарогеохимии, приведен в обзорной работе Н.И.Андрусенко и С.И. Адриановой (1978), где обобщены данные более, чем по 200 месторождениям золота различных глубин и рудных формаций Северо-Востока СССР, Казахстана, Закарпатья, Кавказа, Забайкалья, Восточного Саяна, Алтая, Тувы, Кузнецкого Алатау, Урала, Средней Азии. Сведения по температурам образования месторождений, полученные по результатам гомогенизации и декрепитации включений, приведены в таблице 34.

Указываемый в таблице общий температурный интервал 750-100°C относится к среднеглубинным и глубинным месторождениям, близповерхностным отвечают интервалы 450-50°C.

Таблица 34

Температура минералообразования различных золоторудных формаций (по Н.И. Андрусенко, С.И. Адриановой, 1978)

Формация	Общий температурный интервал образования месторождений, (в °С)		Температурный интервал образования продуктивных ассоциаций, (в °С)		
	Гомогенизация	Декрепитация	Ранний	Поздний	Общий
Золото-сульфидная (скарновая)	750-100	750-180	400-140	215-120	400-120
Золото-(кварц)-карбонат-сульфидная	410-55	–	305-140	250-135	305-135
Золото-барит сульфидная (колчеданная)	370-185	400-100	360-150		360-150
Золото-сульфидная	460-70	480-120	440-80	280-80	440-80
Золото-кварц-сульфидная	480-50	550-50	410-120	300(380)-100	410-100
Золото-альбит-кварцевая	480-50	480-90	380(460)-160	320-100	380(460)-100
Золото-адуляр-халцедон-кварцевая	420(450)-50	420-50	420-120 (420-300; 300-150)	300(340)-100 (300-150; 220-100)	420-100

Более широкий интервал глубинных месторождений объясняется проявлением процессов скарнообразования, грейзенизации, высокотемпературного метасоматоза и т.д., предшествующих продуктивному рудообразованию. За счет предрудного минералообразования по включениям зафиксированы высокотемпературные интервалы начала формирования типичных для глубинных (и среднеглубинных) условий образования таких золоторудных формаций, как золото-силикатно-сульфидная (скарновая) – 750°C, золото-кварц-сульфидная – 550 (480)°C, золото-сульфидная – 480°C и золото-альбит-кварцевая – 480°C. Золоторудные формации малых глубин, согласно термометрии включений формировались в более низких интервалах температур начала рудного процесса: золото-карбонат-сульфидная – 410°C, золото-барит-сульфидная – 370°C, золото-халцедон-адуляр-кварцевая – 320°C (иногда характерны низкие температуры – 245-210°C нача-

ла рудного этапа). При этом подчеркивается, что выделение золотоносных минеральных комплексов на месторождениях всех уровней глубинности происходило в близких температурных условиях: на малоглубинных – при 420-100°C, на переходных к среднеглубинным – 360-130°C, на типичных среднеглубинных – 440(380)-100°C.

Практически в эти интервалы укладываются температуры образования золотоносных ассоциаций в упомянутых оригинальных работах.

Вышеприведенный (далеко неполный) материал о температурных условиях образования золоторудных месторождений подтверждает выводы, сделанные Н.И.Андрусенко (1980) о том, что на большинстве месторождений собственно золотое оруденение возникает на разных температурных уровнях – от высоких (выделение раннего золота в составе кварц-пиритовой, золото-кварцевой и других ассоциаций – 420-300°C), до более низких (220-100°C)\*.

Наиболее распространенным является среднетемпературный интервал выделения золота 300-150°C в составе золото-полиметаллических и золото-теллуридных парагенезисов.

---

\* Надо отметить, что встречаются месторождения, для которых не характерен типичный температурный режим развития гидротермального процесса. Так, Т.Л.Крыловой и Л.А.Дорожкиной (2002) описана Федоровская зона Эльконского рудного района (Алдан), где широко распространены золото-урановые месторождения; изученное (исследовались Р-Т параметры и состав флюидов по индивидуальным первичным газово-жидким включениям) бранерит-серебро-золоторудное месторождение данной зоны формировалось в *прогрессивном* температурном интервале 135-320 °С. Для стадии пирит-карбонат-калиевошпатовых метасоматитов установлен интервал 135-217 °С, стадии тонкозернистого карбоната и свободного золота – 100-240°, для флюорит-карбонат-кварцевой (пострудной) стадии – 150-320 °С. Тонкодисперсное золото и серебро выделялись при температурах 135-220 °С и давлении 470-515 бар, самородные золото и серебро отлагались при более высоких температурах 160-240 °С и давлении 530-980 бар (приведены минимальные значения давлений). Исследователями отмечается, что прогрессивный температурный режим формирования данного месторождения не характерен для других месторождений Эльконского рудного района, на которых рудообразование развивалось при постепенном снижении температур.

Результаты изучения аналогичных золото-серебряных месторождений, где поздние минеральные ассоциации оказываются более высокотемпературными, чем ранние, приведены в работе В.И.Гончарова, А.А.Сидорова (1978); такой температурный режим формирования месторождений назван «аномальным», в отличие от «нормального», отвечающего общепринятым представлениям о снижении температуры минералообразования от ранних стадий к более поздним.

Относительно форм нахождения золота Н.И.Андрусенко и С.И.Адрианова пришли к следующему заключению: на среднеглубинных месторождениях выделение тонкодисперсного золота происходит в высокотемпературном интервале 440 (460) - 120°С (кварц-пиритовая, кварц-молибденитовая, кварц арсенопиритовая ассоциации), а видимого, самородного – в средне-низкотемпературном интервале 320 (380) - 100°С. Общая схема температурного режима минералообразования на месторождениях золота характеризуется снижением температур, которое может нарушаться инверсионными скачками (значение последних может достигать 300-350°С).

**Давление.** Ранее отмечалось, что другим важнейшим фактором, взаимосвязанным с температурой, является давление, т.к. оно определяет агрегатное состояние минералообразующей среды. Число расчетов величины давления по данным криометрии флюидных включений в минералах золоторудных месторождений не столь многочисленно, по сравнению с замерами температур гомогенизации и декрепитации. Приводимые в литературе значения давлений для месторождений различных формаций колеблются в интервале от 100 до 800 атм. Так, для месторождения золото-серебряной формации по газово-жидким включениям с твердыми фазами хлоридов в кварце (кварц-адуляр-гидрослюдистая ассоциация) измеренное давление колеблется от 200 до 400 атм., для кварц-карбонат-эпидотовой ассоциации давление оценено в 100 атм. (Косовец, Крылова, 1978). По данным В.А.Булынникова с соавторами (1978), давление, при котором формировались кварцевые жилы Центрального золоторудного поля (Кузнецкий Алатау), не превышало 600-750 атм. Н.В.Петровская (1973), со ссылкой на П.В.Бабкина и А.П. Кукина (1966), предпринявших попытку определить давление в газовых включениях самородного золота (Ленский рудный район), указывает на величины, близкие к 530-850 атм. Ф.А. Летников и Н.В.Вилор (1981), изучавшие Р-Т-Х условия формирования кварцевых золотоносных жил (Ленский рудный район), считают, что золото выделялось на конечных этапах рудообразования ( $T < 300^{\circ}\text{C}$ ) при давлении менее 1,5 кбар из водно-углекислых растворов. В работе Сазонова и др. (1993), изучавших золоторудные месторождения Урала, указывается, что отложение самородного золота происходит в специфических условиях постоянного низкого давления 0,3 кбар. Для самого глу-

бинного Крылатовского месторождения кварц-жильного типа установлено давление в 1,8 кбар.

**Газовый состав флюидов.** Термобарогеохимические исследования, как известно, позволяют установить химический состав (по крайней мере, основные компоненты) гидротермальных флюидов, из которых происходило рудоотложение золота.

В подавляющем большинстве случаев первичные включения, используемые для изучения условий минералообразования золота, имеют газовой-жидкий или трехфазный состав (когда присутствует фаза жидкой уголекислоты); иногда наблюдаются включения, содержащие твердые «минералы-узники» (нередко – это галенит). Для выяснения химизма гидротермальных растворов изучаются как индивидуальные включения, так и массовые, главным образом методом водных вытяжек или для извлечения газовой составляющей. Большинство исследователей отмечает, что газовый состав флюидов по составу прост, в основном это – диоксид углерода  $\text{CO}_2$  (в сумме с кислыми газами:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , иногда  $\text{H}_2\text{S}$ ), углеводороды ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ), азот (в сумме с инертными газами:  $\text{He}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Kr}$ ,  $\text{Xe}$ ), оксид углерода  $\text{CO}$ . По поводу углеводородов имеются различные суждения, так как методическими разработками было показано, что состав и соотношение углеродсодержащих газовых компонентов может меняться от способов вскрытия включений: механического или термического (Миронова, Наумов, 1978). Например, установлено, что в зависимости от температуры прогрева образца кварца выделение  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  изменяется, так как их появление в газовой фазе может быть связано с термической диссоциацией углеродистого вещества. Как отмечают О.Ф. Миронова и Г.Б. Наумов, источником газовых компонентов может быть не только газовая фаза включений, «но и углеродистое вещество, присутствующее часто там, где предварительными визуальными и микроскопическими наблюдениями оно не устанавливается ... Выделяемые при термической диссоциации таких веществ компоненты являются реакционноспособными и газовая фаза при этом может быть представлена целым рядом метастабильных соединений ...» (Миронова, Наумов, 1978, стр. 243). Поэтому к результатам по углеродсодержащим компонентам (в частности углеводородам), находящимся в подчиненных количествах, следует подходить осторожно.

Количественный состав газовой фазы, установленный по исследованию индивидуальных включений отдельных золоторудных месторождений Восточного Саяна, приведен в таблице 31.

В таблице 35 показано соотношение газовых компонентов флюидов, установленное для другой группы золото-кварцевых месторождений Восточного Саяна, стоящих обособленно от указанных в таблице 31.

Таблица 35

Соотношения газовых компонентов флюидных включений в минералах золоторудных месторождений Восточного Саяна (по Е.В.Айриянц, С.К.Жмодик, А.Г.Миронов и др., 2002)

Фазовый состав	Т, °С гомог.	Флюидо-насыщен мг/кг	Содержание, мг/кг						
			CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Месторождение Зеленое									
Кварц (а)	220-250								
Кварц (б)	180-200	1505	780	690	6	0	4	—	5
Золото		2300	1300	700	10	10	30	220	30
Месторождение Динамитное									
Кварц (I)	260-300	1007	550	420	6	0	5	20	6
Кварц (а)	200-210	1396	610	770	0	0	3	8	5
Кварц (б)	180-190	1134	560	540	4	0	4	20	6
Золото		1919	1100	580	10	9	20	170	30

Результаты анализа газовой фазы включений в кварце и кальците из месторождений разных типов и режимов развития (Северо-Восток СССР) приведены в таблице 36.

Как видно из приведенных данных, наиболее характерными газовыми компонентами указанных месторождений являются углекислый газ, азот в сумме с инертными газами, кислород и кислые газы, среди которых установлено присутствие *сероводорода*.

Закономерности изменения состава газовой фазы изучались, также, в соответствии с вертикальной зональностью месторождений. Так, для глубинного золоторудного месторождения, относимого к классу убогой сульфидной формации (Баханова, Левин, 1978) установлено, что при переходе к глубоким горизонтам в кварцах продуктивных стадий происходит увеличение кислотных газов от 9 до 13 %, водорода от 6 до 12 %, азота с 21 до 27 %, одновременно уменьшается количество углекислоты от 63 до 49 %, аргона – от 50-60 % до 20-10 %, отмечается

обратная взаимосвязь между содержаниями воздушного аргона и углеводородов; степень окисленности углеводородов (увеличение молекулярного веса соединений) возрастает с увеличением содержания воздушного аргона).

Таблица 36

Состав газовой фазы включений в минералах золото-серебряных месторождений (Северо-Восток России)  
(по В.И.Гончарову, А.А.Сидорову, О.Н.Литвину, 1978)

Тип месторождения, режим развития	Минерал	Т, °С минералообразования	Содержание, %					
			H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> + ред. газы	CO
Золото-сфалерит-галени-товый. Нормальный	кварц	325	3-6	68	6	0	26	0
	<u>кварц</u>	260	0	27-86	2-11	0	13-42	0
	<u>кварц</u>	240	0	63-67	7	0	26-29	0
	<u>кальцит</u>	290	0	68	6	0	25	0
Золото-аргентитовый. Аномальный	кальцит	275	0	57	9	0	34	0
	<u>кварц</u>	315	0	69	6	0	25	0
	кварц	360	2-45	21-46	18-39	0	8-24	0-10
Золото-пиритовый. Аномальный	<u>кварц</u>	330	10	26	0	0	52	12
	кварц	280	0	41	0	0	59	0
Существенно серебряный. Аномальный	кварц	350	2-3	31-50	0-31	0	34-58	0-10
	<u>кварц</u>	375	0-6	24-46	7-13	0	58-63	0
	<u>кварц</u>	360	0	25	4-11	0	64-69	0
	кварц	380	0	36-58	0-16	0	41-54	0

*Примечание:* Подчеркнуты минералы продуктивных ассоциаций.

Для месторождений прогрессивного «аномального» режима формирования выявлено, что с повышением температур в заключительные стадии минералообразования во флюиде повышается содержание кислых газов и уменьшается содержание азота и редких газов (Гончаров и др., 1978). Для кислорода прослеживается тенденция уменьшения содержания в период сульфидообразования по сравнению с периодом кристаллизации безрудных ранних и поздних стадий. Содержания углекислоты и оксида углерода меняются в широких пределах, иногда СО отсутствует, иногда его содержание составляет ~ 11 % от объема газа. Соотношения азота и кислорода изменчивы и зависят от



стадии минерализации и минеральной ассоциации. Постоянным компонентом минералообразующих флюидов является  $\text{CO}_2$ .

Практически всеми исследователями отмечается наличие углекислого газа, иногда указывается на прямую корреляцию между содержаниями золота и  $\text{CO}_2$ . Повышенное содержание воды и углекислоты предлагается считать типоморфным признаком обогащенных рудопроявлений (Попов, Бархударян, 1978). С углекислым газом связывалась гипотеза переноса золота в газовой фазе. Возможность транспортировки Au в потоке  $\text{CO}_2$  в термоградиентном поле ( $1100\text{--}30^\circ\text{C}$ ) изучалась экспериментально, однако был получен отрицательный результат, предположение о переносе золота с  $\text{CO}_2$  не подтвердилось, золото конденсировалось вблизи от своего первоначального размещения (Айриянц и др., 2002). Углекислоту определяют как «активный экстрагент», «транспортер», «стимулятор минерало- и рудообразования». В отдельных работах углекислоте придается роль своеобразного «высаливателя» золота. Наличие углекислоты характерно не только для включений из золоторудного кварца, но и самородного золота. Одной из первых на обилие углекислоты во включениях из рудного золота указывала Н.В.Петровская еще в 1971 г. Было установлено также, что кроме преобладающего  $\text{CO}_2$ , во включениях содержится небольшое количество  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$  (Петровская, 1980). Выявлены особенности размещения включений в самородном золоте. В золотинах из малоглубинных месторождений существенно газовые включения приурочены к зонам роста кристаллов, что объясняется захватом включений в периоды вскипания растворов. В золоте с глубинных месторождений включения крупные и редкие и занимают межзерновые промежутки. Высказано предположение о возможной эпикристаллизационной перестройке агрегатов золота, сопровождавшейся диффузией газов в свободные полости.

**Состав жидкой фазы.** Состав жидкой фазы включений в кварце по преобладающим катионам и анионам чаще всего относятся к водно-солевым системам:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  (Пальмова и др., 1978),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  (Айриянц и др., 2002),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  (Крылова, Дорожкина, 2002). Несколько более детально, в соответствии с этапами формирования месторождения, характеризуются растворы в работе Т.Н.Косовец и др. (1978). Для растворов I этапа свойственен бикарбонатно-сульфатный  $\text{Na}^+\text{--K}^+\text{--Ca}^+$  состав, в растворах II этапа дополнительно к

компонентам I этапа добавляются  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HSiO_3^-$ , растворы III этапа еще более обогащены  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $HSiO_3^-$ . Н.В.Петровская, со ссылкой на В.Г.Моисеенко, указывает, что растворы многофазных включений в малоглубинном самородном золоте отличаются высоким содержанием калия, наличием фтора, меньшей величиной pH, более высоким окислительно-восстановительным потенциалом, по сравнению с включениями из золота, отложенного на значительных глубинах (Петровская, 1980).

По данным анализа включений в кварце одного из золото-серебряных месторождений, детально изученных Н.И.Андрусенко (1980), содержание золота и серебра составляет 0,04-2,1 мг/л и 1,1-55,5 мг/л соответственно.

Таблица 37

Средние химические составы (в моль/кг  $H_2O$ )  
газово-жидких включений в кварце  
и пробность самородного Au (по С.Г.Парада, 2002)

Компо- ненты	Месторождения						
	Афанась- евское	Харгинское			Токурское		
	Гори- зонт	Горизонты			Горизонты		
	верх.	ниж.	сред.	верх.	ниж.	сред.	верх.
$Na^+$	3,124	0,420	1,640	0,890	0,855	0,652	0,613
$K^+$	0,126	0,330	0,360	0,240	0,226	0,149	0,257
$Mg^{2+}$	не обн.	0,290	0,100	не обн.	0,310	0,096	0,002
$Ca^{2+}$	0,320	0,270	0,210	0,060	0,192	0,102	0,040
$NH_4^+$	0,293	0,160	0,150	0,070	0,020	0,008	0,003
$\Sigma$ катион.	3,953	2,470	2,460	1,260	1,603	1,007	0,915
$HCO_3^-$	3,295	1,410	2,120	0,620	1,067	0,669	0,525
Cl	1,335	0,860	0,340	0,530	0,334	0,158	0,145
$\Sigma_s$	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,181	0,172	0,262
$\Sigma$ анион.	4,630	2,270	2,460	1,150	1,632	0,999	0,932
$CO_2$	7,473	2,47	2,49	1,89	3,54	2,07	1,71
$CH_4$	0,328	0,14	0,14	0,10	0,18	0,10	0,05
$N_2$	4,286	0,28	0,32	0,39	0,17	0,17	0,21
$H_2O$	0,014	0,084	0,097	0,128	0,152	0,148	0,143
pH	7,09	6,85	6,77	6,76	6,91	6,58	6,54
Eh	-0,77	-0,67	-0,60	-0,63	-0,65	-0,62	-0,60
Na/(Na+K)	93,53	80,95	81,07	77,05	77,23	75,23	71,60
Проба Au	893,0	889,2	881,3	875,4	773,0	746,5	716,7

Кроме катионов металлов, во включениях установлено также наличие катиона аммония  $\text{NH}_4^+$ . Так, Н.И.Андрусенко (1980) отмечает, что в образцах из некоторых малоглубинных объектов содержание аммонийной группы необычайно высоко (до 25 %-экв, в среднем 5-7 %-экв  $\text{NH}_4^+$ ) при аномально высокой солености растворов (до 30-45 масс. %).

Наиболее часто указываемые общие содержания солей (в пересчете на NaCl-эквивалент) невысоки: от 0,7-4,9 до 4,9-6,4 %, 0,3-11,8 %, 0,3-12 %; для объектов с содержанием  $\text{NH}_4^+$  соленость растворов повышена: 3,6-32 %.

Кислотность среды, оцениваемая по значениям pH водных вытяжек, характеризуется как близнеитральная: от 7,0 до 7,8, в единичных случаях – 8,5. Редкие определения Eh указывают на резко восстановительную среду (-0,6-0,7 В), но информативность этих данных снижена из-за отсутствия указания на сравнительный электрод, относительно которого были замерены или пересчитаны величины Eh.

В качестве примера конкретных содержаний катионно-анионного состава, значений pH, Eh и пробности золота, в таблице 37 приводятся данные о газовой-жидких включениях в кварце продуктивных стадий золоторудных месторождений Амуро-Охотской складчатой области. Как отмечает Н.И.Андрусенко и С.И.Адрианова (1978), на месторождениях большинства рудных формаций преобладают щелочные и щелочноземельные хлоридно-бикарбонатные гидротермы с существенным содержанием кремнезема и углекислоты. Кроме того, им свойственна региональная геохимическая специализация. Для близповерхностной золото-халцедоновидно-адуляр-кварцевой формации, связанной с базальтоидными и контрастными по составу породами, характерен гидрокарбонатный кальций-магниевый тип растворов, слабой основности и малых концентраций.

Для среднеглубинных рудных формаций (золото-альбит-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной), тяготеющих к гранитоидным породам, типичны сульфатно-хлоридные или гидрокарбонатно-хлоридные гидротермы с меняющимся содержанием углекислоты.

Таким образом, основываясь на результатах термобарогеохимических исследований, большинство авторов пришло к выводу, что выделение тонкодисперсного и самородного золота происходило из однотипных хлоридных, хлоридно-гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных флюидных систем, содержа-

щих кислые газы (HCl, HF, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S), углеводороды и инертные газы, а также значительное количество углекислоты. В соответствии с этим сформировались представления об основных формах переноса золота в виде: гидросульфидных Au(HS)<sub>2</sub><sup>-</sup>, тиосульфатных Au(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>3-</sup>, хлоридных AuCl<sub>4</sub><sup>-</sup>, AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup>, гидроксидных Au(OH)<sub>2</sub><sup>-</sup> комплексов. В последнее время дискутируется гипотеза о возможности переноса золота с участием аммонийной группы NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в виде комплекса Au(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>+</sup> (Белеванцев, 2002). Аммонийная группа обнаруживается в составе флюидных включений золоторудного кварца. Главные разногласия связаны с объяснением генезиса: образуется ли NH<sub>4</sub><sup>+</sup> путем синтеза из азота и водорода или имеет «органическое» происхождение.

**Роль углекислоты.** Присутствие углекислоты в минералообразующих системах в момент рудоотложения, нередко в значительных количествах, однозначно подтверждается практически всеми исследователями, что свидетельствует о важности роли углекислоты в выделении золота. В связи с этим целесообразно более детально рассмотреть некоторые особенности свойств углекислоты, в частности температурную и барическую зависимость растворимости углекислоты в растворах солей.

Растворимость газов в водных растворах электролитов обычно ниже, чем в чистой воде – явление, называемое эффектом «высаливания». Из-за недостаточной разработанности общей теории высаливания, количественное описание высаливания известно для ограниченного числа систем. Наиболее изученными являются системы CO<sub>2</sub> – раствор NaCl и H<sub>2</sub>S – раствор NaCl. Для описания эффектов высаливания наиболее употребительно эмпирическое уравнение Сеченова\*

$$\lg \frac{C_0}{C} = K_{\mu} \cdot \mu,$$

где C<sub>0</sub> – растворимость неэлектролита в чистой воде,

C – растворимость неэлектролита в растворе электролита,

μ – ионная сила раствора,

K<sub>μ</sub> – коэффициент высаливания.

Из формулы следует, что чем выше коэффициент высаливания, тем ниже растворимость CO<sub>2</sub> в растворах смеси электро-

---

\* Уравнение И.М.Сеченова было установлено при изучении поглощения CO<sub>2</sub> кровью.

литов, какими являются гидротермы. Растворимость  $\text{CO}_2$  в водных растворах солей подчиняется правилу подобия, выражающемуся в том, что между концентрациями двух или нескольких солей с равной растворяющей способностью по отношению к  $\text{CO}_2$ , существует линейная зависимость в широком диапазоне концентраций (это правило не соблюдается только для  $\text{KCl}$ ) (Малинин, 1965). Для низких температур порядок величин коэффициентов высаливания для различных солей примерно одинаков. Для сложных растворов высаливающее действие определяется принципом аддитивности, что учитывается в уравнении Сеченова величиной ионной силы раствора  $\mu$ . Суммарное высаливающее действие многокомпонентного раствора должно определяться суммой высаливающих эффектов всех солей.

Температурная зависимость константы высаливания выражается кривой, проходящей через минимум, причем эта тенденция одинакова для всех солей, но температуры минимального высаливающего действия отдельных солей различны. Для  $\text{CO}_2$  в растворе  $\text{NaCl}$  данный минимум лежит в интервале  $160\text{--}180^\circ\text{C}$ , для  $\text{CaCl}_2$  он отвечает интервалу  $75\text{--}100^\circ\text{C}$ , для  $\text{KCl}$  –  $40^\circ\text{C}$ . При дальнейшем повышении температуры (от температурного минимума высаливания) коэффициент высаливания растет, растворимость  $\text{CO}_2$  в солевых растворах снижается. Предполагается, что при температурах, свойственных гидротермам, эффект высаливания оказывается очень существенным, особенно для более концентрированных растворов. Экспериментально было показано, что добавление хлорида кальция (в концентрации 10,1 %, что соответствует 1 моль/л) в насыщенный углекислотой водный раствор при  $300^\circ\text{C}$  снижает содержание  $\text{CO}_2$  в растворе в 2,56 раза, хотя растворимость  $\text{CO}_2$  в воде при этой температуре высока. Вообще, из большинства газов, обнаруживаемых во включениях в кварце золоторудных месторождений, углекислый газ по растворимости в воде идет вслед за сероводородом. В интервале  $160\text{--}330^\circ\text{C}$  при равных парциальных давлениях (единицы атмосфер) по способности растворяться в воде последовательность газов такова:  $\text{H}_2\text{S} > \text{CO}_2 > \text{O}_2 > \text{H}_2 > \text{N}_2 > \text{He}$  (Козинцева, 1965). Согласно известным закономерностям (температурные зависимости констант Генри) растворимость газов в воде с повышением температуры проходит через минимум, который определяется индивидуальными свойствами газа. У более растворимых газов минимум сдвинут в сторону более высоких температур: у  $\text{CO}_2$  – около  $160\text{--}200^\circ\text{C}$ , у  $\text{H}_2\text{S}$  –  $190^\circ\text{C}$ , тогда как у

кислорода – около 90°C. Повышение температуры выше 200°C приводит к росту растворимости CO<sub>2</sub> наиболее резкому вблизи критической точки воды (374°C), вплоть до полного смешивания. Положение температурного минимума растворимости CO<sub>2</sub> зависит также от его парциального давления, повышение последнего сдвигает минимум растворимости в области низких температур. В эксперименте установлено, что при парциальных давлениях CO<sub>2</sub> от 0 до 700 кг/см<sup>2</sup> минимум может быть сдвинут с 160-200 до 75°C (Малинин, 1965). Существование температурных минимумов растворимости газов обусловлено особенностями термодинамических свойств. Для CO<sub>2</sub> было показано, что энтальпия процесса растворимости с температурой меняет знак, причем  $\Delta H^0_{\text{газ}} = 0$  как раз отвечает температурному интервалу 160-180°C.

В изменении растворимости газов важна роль давления. Возрастание давления приводит к увеличению содержания газового компонента в растворителе, сдвигает минимум растворимости и критические точки в сторону меньших температур. Давление и температура – важнейшие факторы, влияющие на растворимость газов в воде, причем при низких значениях P и T их действие имеет противоположное направление, тогда как при высоких параметрах давление и температура одинаково способствуют повышению растворимости. Из-за резкого различия в физических свойствах газовой и жидкой фаз (газ занимает больший объем, чем конденсированная фаза), средняя плотность такой системы уменьшается, что ведет к снижению в ней давления гидростатического столба. Особенностью газосодержащих гидротерм, как подчеркивает С.Д.Малинин (1965), являются значительно более низкие давления, по сравнению с безгазовыми на тех же глубинах, кроме того, существует область гетерогенизации раствора (отделения газовой фазы от гомогенного раствора при достижении максимальной плотности системы) в близповерхностных условиях. Давление к началу гетерогенизации систем (так называемому вскипанию растворов) сложным образом связано с содержанием углекислоты в растворе. В высококонцентрированных по углекислоте системах процессы гетерогенизации развиваются при незначительных перепадах давления.

Снижение растворимости газов может быть вызвано также и изменением (падением) давления в системе, возникающим в

результате внешнего воздействия (приоткрывание трещин, тектонические подвижки и т.п.).

Процессы растворения газов в растворе значительно осложняются, как уже было показано раньше, в присутствии электролитов из-за эффекта высаливания, т.к. имеет значение катионно-анионный состав солей, концентрация солей, а также характер температурной зависимости процесса высаливания. Однако некоторые наиболее общие закономерности установлены (Козинцева, 1965):

1) растворимость газов в растворах различных солей неодинакова, наиболее близка она для  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ;

2) растворимость газов в растворах солей уменьшается, но характер температурной зависимости растворимости газа сохраняется: с ростом температуры растворимость проходит через минимум;

3) уравнение Сеченова с эмпирически найденными коэффициентами применимо для расчета растворимости до  $350^\circ\text{C}$  в пределах концентрации солей 2 м/л;

4) увеличение парциального давления не меняет существенно коэффициентов высаливания.

Рассмотрению свойств уголекислоты уделено внимание в связи с тем, что постоянное присутствие карбонатсодержащих компонентов в гидротермальных системах золоторудных месторождений является общепризнанным фактом и роль  $\text{CO}_2$  особенно велика. В свое время один из основоположников термобарогеохимии, Н.П.Ермаков заметил: «... в подвижных минералообразующих гидротермах уголекислота занимает второе место после воды. Она имеет очень низкую критическую точку ( $31,1^\circ\text{C}$ ), поэтому при повышенных температурах характеризуется резко повышенной степенью экспансивности» (Ермаков, 1978, стр. 158).

Особенности свойств гидротермальных растворов нельзя рассматривать в отрыве от свойств самого растворителя – воды, в частности, от влияния изменения плотности воды и ее диэлектрической проницаемости на степень диссоциации минеральных компонентов при повышенных температурах и давлениях. Изучение растворов электролитов показало, что с ростом температуры константы диссоциации сильных (при  $25^\circ\text{C}$ ) электролитов снижаются на несколько порядков и сильные электролиты типа  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{HCl}$  переходят в разряд слабых при температурах около  $300^\circ\text{C}$ . Для слабых (при  $25^\circ\text{C}$ ) электролитов –  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,

$\text{NH}_4\text{OH}$  и др. обнаружено нелинейное снижение константы диссоциации при повышении температуры. Увеличение давления, напротив, повышает константы диссоциации. Так, для  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  установлено, что при подъеме давления до 1500-2500 атм. и температуры до  $65^\circ\text{C}$ , константы диссоциации данных электролитов возрастают примерно на порядок (Рыженко, 1965). Таким образом, повышение температуры раствора ведет, как правило, к уменьшению степени диссоциации электролитов, тогда как повышение давления увеличивает ее, что связывают с резким снижением диэлектрической проницаемости и плотности воды при температурах, превышающих  $350^\circ\text{C}$ .

**Эволюция кислотно-основных свойств гидротерм.** Процессы диссоциации обуславливают кислотно-основные свойства раствора. Углекислый газ и сероводород, наряду с другими, относятся к кислым газам, значительно меняющим pH среды минералообразования: при растворении их в воде кислотность раствора может повышаться в случае образования диссоциированных форм угольной и сероводородной кислот. В зависимости от конкретных условий (значений pH и Eh) возможны различные преобладающие формы карбонатсодержащих компонентов:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  и содержащих серу:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HSO}_4^-$ . По мере приближения температур к точке минимальной растворимости  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  кислотность гидротермальных растворов будет снижаться (pH возрастать), а  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{CO}_2$  будут концентрироваться в газовой фазе. При последующем изменении температуры растворимость газов вновь возрастает, что приведет к повышению кислотности среды (снижению pH), т.е. при монотонном изменении температуры кислотность среды меняется в противоположных направлениях, проходя через максимум pH, совпадающий с гетерогенизацией раствора. Кроме того, одним из факторов, влияющих на эволюцию кислотности гидротермальных растворов, является пространственная химическая дифференциация среды минералообразования (Румянцев, Ганеев, 1982). Сущность эффекта состоит в пространственном разобщении продуктов гидролиза, диссоциации компонентов раствора при наличии градиента температур. Эффект должен проявляться тем контрастнее, чем больше температурный градиент. Экспериментально было подтверждено (Румянцев, Ганеев, 1982), что в условиях гетерогенизации раствора пространственная химическая дифференциация раствора усиливается из-за



отгона летучих кислотных компонентов. Предполагается, что эволюция кислотности гидротермальных растворов через механизм пространственной дифференциации может проявляться на этапах жильного минералообразования, когда происходит приоткрытие полостей трещин, вскипание растворов.

Происходящие при смене температурного режима изменения во флюиде, содержащем  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NaCl}$  и другие компоненты, не могут не сказаться на свойствах частиц, транспортирующих рудные элементы. Среди комплексов, участвующих в переносе золота, главными считаются  $\text{AuCl}_2^-$ ,  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ ,  $\text{Au}(\text{HS})^0$ ,  $\text{AuOH}^0$ . Детальный перечень теоретически возможных комплексов золота содержится в работе И.Я.Некрасова (1991): гидроксо-, сульфидных, гидросульфидных, тиосульфатных, сульфидно-арсенидных, теллуридных, в том числе гетерополиядерных, цианидных комплексов с amino- и фульвокислотами, а также полимерных форм с кремнекислотой. Химические свойства и способы получения многих из перечисленных соединений, а также комплексов с галлоидами и множества органических комплексов  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Au}^{3+}$ ,  $\text{Au}^{5+}$  описаны в работе (Паддефет, 1982).

Экспериментальное исследование свойств комплексов золота в условиях, приближенных к реальным гидротермальным процессам, чрезвычайно осложнено необходимостью учета совокупного действия множества физико-химических факторов, не говоря уже о длительности процессов природного минералообразования. Все это приводит к широкому распространению термодинамического моделирования, направленного на выяснение возможного изменения свойств компонентов минералообразующей среды. Относительно золоторудных гидротермальных месторождений подобные работы связаны с изучением состояния высокотемпературных флюидов, равновесных процессов, форм переноса минеральных компонентов, в том числе золота, сульфидов, хлоридов, карбонатсодержащих веществ в условиях, максимально соответствующих природному минералообразованию. Так, Г.Р.Колониным с соавторами (1997, 1994) выполнены термодинамические расчеты, в которых просчитаны диссоциации основных компонентов рудоносных флюидов:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , продуктов гидролиза и отложения золота:  $\text{AuCl}_2^-$ ,  $\text{AuOH}^0$ ,  $\text{AuHS}^0$ ,  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  по линии насыщения гидротермального раствора углекислотой при давлении 1 кбар. В интервале температур 100-400°C. Кроме того, были рассчитаны температурные зависимости возможных

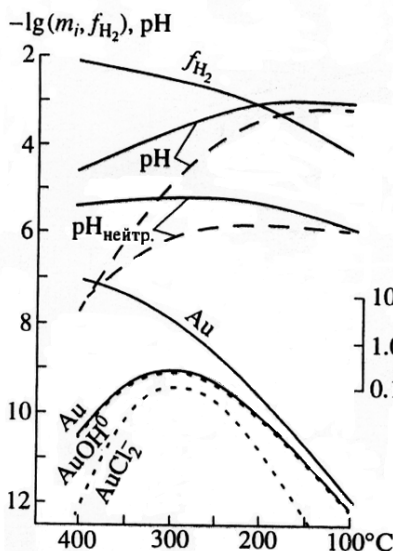
концентраций золота в указанном температурном интервале для сред с разными окислительно-восстановительными условиями. В частности, было показано, что при повышении температуры в модельной системе происходит значительное снижение способности диссоциировать всех рассматривавшихся электролитов: при 400°C константы диссоциации уменьшаются на 4-5 порядков и электролиты могут рассматриваться как полностью ассоциированные формы, здесь же показано смещение точки нейтральности воды в щелочную сторону до значения  $\text{pH} = 8$ . Полученные результаты объясняются понижающим влиянием уголекислоты на диэлектрическую проницаемость воды как полярного растворителя.

Аналогичное моделирование было выполнено данными авторами и по выяснению растворимости золота в хлоридно-уголекислом и сульфидно-хлоридно-уголекислом растворах в интервале 100-400°C при концентрации  $\text{NaCl}$  1 моль/л, давлении 1 кбар и насыщении уголекислотой. Было установлено, что растворимость золота в присутствии  $\text{CO}_2$  понижается, как в хлоридно-уголекислом (рис. 44), так и в сульфидно-хлоридно-уголекислом флюиде (рис. 45).

Кроме кривой суммарной растворимости золота, были рассчитаны растворимости основных комплексных форм переноса золота: в хлоридно-уголекислом растворе  $\text{AuOH}^0$  и  $\text{AuCl}_2^-$ , в хлоридно-сульфидно-уголекислом –  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ ,  $\text{AuOH}^0$ ,  $\text{AuCl}_2^-$ ,  $\text{AuHS}^0$ . С повышением температуры растворимость комплексов снижается по выпуклой кривой для хлоридно-уголекислого флюида, причем для разных комплексов температурные максимумы растворимости, как и сами величины растворимости не совпадают, что позволяет делать вывод о преимущественном распространении различных комплексов в разных точках температурной шкалы. Для хлоридно-уголекислых растворов преобладающим будет гидроксокомплекс  $\text{AuOH}^0$ , тогда как в хлоридно-сульфидно-уголекислом наиболее растворимым оказывается моносльфидный  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ , за ним идет гидроксокомплекс  $\text{AuOH}^0$  и только потом хлоридный  $\text{AuCl}_2^-$ . Снижение растворимости комплексов золота связано с уменьшением концентрации комплексно присоединяемых частиц – лигандов из-за слабой диссоциации электролитов при повышенных температурах и ростом основности ( $\text{pH}$ ) раствора.

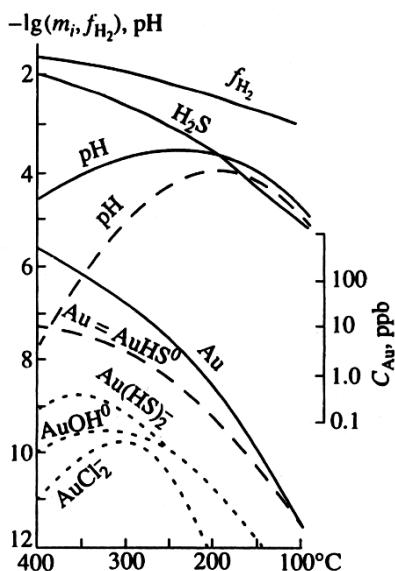
**Рис. 44. Расчетная растворимость золота и pH в растворе NaCl (1 моль/кг) в присутствии CO<sub>2</sub>**

Сплошные линии – без поправки на изменение диэлектрической проницаемости воды, штриховые – с учетом диэлектрической проницаемости, пунктирные – распределение золота по формам переноса (по Г.Р.Колонину, Г.А.Пальяновой, Г.П.Широносковой и др., 1997).



**Рис. 45. Расчетная растворимость золота, pH и m H<sub>2</sub>S в растворе NaCl (1 моль/кг) в присутствии CO<sub>2</sub>.**

Сплошные линии – без поправки на изменение диэлектрической проницаемости воды, штриховые – с учетом диэлектрической проницаемости, пунктирные – распределение золота по формам переноса (по Г.Р.Колонину, Г.А.Пальяновой, Г.П.Широносковой и др., 1997)



Возможные максимальные концентрации золота, согласно расчетам, довольно низки: для хлоридно-углекислого флюида 0,1 ppb, для хлоридно-сульфидно-углекислого – < 10 ppb. Для хлоридно-углекислого раствора был просчитан вариант с повышенным содержанием NaCl (до 2 моль/кг), при этом возможная концентрация золота увеличилась на 1,3 порядка, кроме того, ведущей формой переноса золота в таких условиях становится хлоридный комплекс  $\text{AuCl}_2^-$  вместо  $\text{AuOH}^0$ .

По поводу преобладающих форм переноса золота общепринятого мнения нет. Согласно расчетам Г.Р.Колонина в хлоридно-сульфидно-углекислых гидротермах при концентрации NaCl не ниже 1 моль/кг, возможны как гидросульфидные, так и хлоридные комплексы, но преобладающим должен быть  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ . Расчеты И.В.Викентьева (2001) показывают, что при РТ-параметрах, характерных для океанических гидротерм в местах разгрузки, доминирует комплекс  $\text{AuHS}^0$ , а перенос золота в виде  $\text{Au}(\text{As})_2^-$  и  $\text{AuOH}^0$  значим только в щелочных средах. В работе Н.С.Бортникова и др. (2000) высказывается мнение, что в высокотемпературных условиях (> 350 °C) в субмаринных гидротермальных системах наиболее вероятен перенос золота в форме  $\text{AuCl}_2^-$ , но не  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ . Обосновывается такое предположение недонасыщенностью флюида в отношении самородного золота (в элементарном виде в изучавшихся сульфидных флюидах не обнаружено) и закономерностями распределения золота между флюидом и кристаллизующейся твердой фазой. Выделение золота обусловлено не особенностями устойчивости комплексов золота, а условиями кристаллизации минералов-концентраторов золота (сульфидов железа, меди, цинка), химизмом среды минералообразования, смещением кислотно-основных равновесий (Бортников и др., 2002).

С.М.Жмодик и др. (2001), изучавшие распределение золота в образцах сульфидных руд, в частности, в сфалерит-халькопировом агрегате из трубы черного курильщика океанического гидротермального поля Логачев (САН), также считают основной формой переноса золота хлоридную, исходя из температурных интервалов отложения золота: 120-160 °C и 240-300 °C. Иной точки зрения относительно переноса золота в растворах, содержащих сульфидную серу, придерживается Н.Г.Тюрин (1966 а, 1966 б), показавший экспериментально, что золото образует прочный, хорошо растворимый тиосульфатный комплекс  $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)^{3-}$ . Область его устойчивости – слабощелочная и близ-

нейтральная окислительная ( $E_h > 0$ ) среда, невысокие температуры (около  $100^\circ\text{C}$ ). В природных процессах на больших глубинах в более восстановительных растворах возможен перенос золота в форме сульфидного комплекса  $\text{AuS}$ , тогда как растворимую форму в виде хлоридного комплекса Н.Г.Тюрин считает маловероятной. Свои представления он аргументирует, ссылаясь на результаты термодинамических расчетов П.Б.Бартона (1960) и Р.М.Гаррелса (1968), проанализировавших соотношения устойчивости между некоторыми соединениями золота, в том числе и хлоридными. Более того, Н.Г.Тюрин полагает, что результаты других исследователей, синтезировавших золотосодержащий пирит с применением хлоридных растворов, «могут быть использованы для интерпретации природных процессов с известной осторожностью» (Тюрин, 1966, стр. 269).

Нам представляется, что однозначно признавать вероятность переноса золота в форме одного какого-либо комплекса сложно, если учесть множество факторов, влияющих на состояние гидротермальных флюидов. Как уже упоминалось раньше, всеми исследователями подтверждается присутствие углекислоты в минералообразующих средах, независимо от глубинности месторождений, температурного интервала, а также их формационной принадлежности. Термобарогеохимическими исследованиями было показано, что для кварц-золоторудных месторождений, компоненты, содержащие серу, зачастую отсутствуют во включениях, в отличие от месторождений золото-сульфидно-кварцевых формаций. Очевидно, в природных средах возможны формы переноса золота в виде хлоридных и гидросульфидных или тиосульфатных комплексов, но преобладающая форма все-таки будет определяться конкретными условиями, поскольку изменение ионного состава, следовательно кислотности, окислительно-восстановительных свойств, миграционной способности компонентов минералообразующей среды, скорость и направление возможных реакций взаимообусловлены значениями давлений и температур, поскольку и давление и температура в системе могут определяться не только внешними причинами (например, на температуру могут оказывать влияние тепловые эффекты реакций растворения, диссоциации, комплексообразования). Так, растворение газов в полярном растворителе – воде сопровождается выделением тепла, дегазация раствора ведет к снижению температуры, процессы кристаллизации также связаны с тепловыми эффектами. Состояние системы определя-

ется взаимодействием множества факторов. Очевидно, при выявлении доминирующих форм должно быть учтено максимально доступное число таких факторов. С этой точки зрения импонирует модель Г.Р.Колонина с соавторами (1997), где в динамике рассматривается система, содержащая главные минеральные компоненты гидротермальных растворов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Au}$  в условиях реальных концентраций, температур и давления. Анализ температурной зависимости констант диссоциации золотосодержащих комплексов позволяет выделить температурные интервалы нестойкости последних. В хлоридно-углекислом растворе хлорокомплекс  $\text{AuCl}_2^-$  неустойчив около  $200^\circ\text{C}$ , гидроксокомплекс  $\text{Au}(\text{OH})^0$  – около  $350^\circ\text{C}$ . В хлоридно-сульфидно-углекислой среде моносльфидный  $\text{AuHS}^0$  неустойчив около  $350^\circ\text{C}$ , дигидросульфидный  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  – около  $330^\circ\text{C}$ . При изменении температуры в ту или иную сторону прочность комплексов повышается, следовательно, возрастают возможности переноса в рассматриваемых формах. Наиболее благоприятные условия выделения золота в хлоридно-углекислых средах возникают при температурах около  $200^\circ\text{C}$  в близонейтральных средах в условиях насыщенности раствора углекислотой.

**Формы вхождения.** Одна из главных форм золота в гидротермальных рудах – самородное, «видимое», наблюдаемое визуально и инструментально. По классификации Н.В.Петровской, к «видимому» относят макроскопически обнаруживаемые частицы размером 0,5 мм и более – золотины, а также самородки. Наиболее распространены мелкие, очень мелкие, либо пылевидные частицы, размером в сотые доли мкм («горчичное»), тончайшие жилки 1-3 мкм. Видимое золото характерно, главным образом, для месторождений золото-кварцевых формаций.

Морфология золотин, их субмикроструктура, дендритовидные, скелетные формы выделения, габитус кристаллов золота и скульптуры их роста, пространственное размещение золотин в полостях трещин, в жилах, характер срастания с другими минералами, виды механических примесей, состав сопутствующих элементов, пробность и другие разнообразные сведения о самородном золоте приводятся в многочисленных работах, посвященных его изучению.

Другая важнейшая форма нахождения рудного золота – тонкодисперсное, рассеянное – так называемое «невидимое», (invisible gold). Многие исследователи, рассматривая формы

нахождения рассеянного золота в породообразующих минералах, считают более вероятным не изоморфное вхождение в решетки, а присутствие микродисперсных фаз в дислокационных нарушениях кристаллической решетки или микротрещинах (Юшко-Захарова и др., 1986). Следует заметить, что микротрещины возникают в результате скопления дислокаций, т.е. микротрещины – объемные дефекты структуры, но более грубые, чем дислокации. Г.Н.Аношиным в 1972 году выполнен расчет, показавший, что внедрение ионов  $Au^+$  в октаэдрические позиции решетки минералов энергетически невыгодно, а И.К. Давлетов с соавторами в 1973 году экспериментально подтвердил отсутствие изоморфного золота в силикатных минералах интрузивных пород.

Принято считать, что низкие содержания золота в силикатах и оксидах в присутствии собственных минеральных включений обусловлены отсутствием изоморфизма. По поводу вхождения золота в рудные минералы также нет единодушия. По данным Юшко-Захаровой с соавторами (1986), в пирите, сфалерите и магнетите  $Au$  образует микровключения на гранях растущих кристаллов. В то же время, в 1984 году А.Г.Миронов показал, что золото входит в кристаллическую решетку пирротина (изоморфизм внедрения), а также галенита и халькопирита (изоморфизм замещения).

Рассеянное золото, валовые содержания которого могут достигать десятков ppm, не удастся обнаружить в форме собственных минералов современными локальными и чувствительными методами, такими, как нейтронно-активационная  $\beta$  – автордиография (локальность до первых мкм., чувствительность до  $10^{-4}$  масс. %) (Жмодик и др., 2001), вторичная масс-спектрометрия (SIMS) с использованием высоколокального масс-спектрометра «Cameca IMS-4f» (локальность до нескольких мкм, предел обнаружения золота в пирите 0,085 ppm, в халькопирите – 0,016 ppm) (Бортников и др., 2000). Выявить «рассеянное» золото не удастся и с помощью электронного сканирующего микроскопа «Jeol» с приставкой «Kevex» (при общем его содержании ~ 5 ppm) (Жмодик и др., 2001).

В связи с невозможностью установления минеральной формы рудного золота, последнее относят к *invisible gold*, хотя такая классификация не раскрывает сущности формы нахождения золота в сульфидах, для которых наиболее характерно «невидимое» золото.

Отдельные исследователи, отыскивая физический смысл понятия «рассеянное золото», приходят к выводу, что данной форме нахождения отвечает изоморфное вхождение золота в структуру сульфидов. В частности, такой точки зрения придерживаются Н.С.Бортников с соавторами (2000) и И.В. Викентьев (2001). Главный вывод, который позволили сделать результаты изучения сульфидов (пирит, халькопирит и ряд других) из четырех современных гидротермальных полей, локализованных в различных геодинамических и геологических обстановках и различающихся по составу руд и последовательностью минералообразования: преимущественная форма нахождения золота в пирите и халькопирите – изоморфная примесь. Исследователи предполагают, что возможно, химически связанное золото в сульфидах не единственная форма его нахождения, может быть, металл присутствует также в виде «коллоидального» золота – субмикроскопических частиц размером менее 0,1 мкм, но для этого необходимы дополнительные исследования. Одним из доводов в пользу изоморфного вхождения золота в сульфиды авторы считают одновременность выпадения железа и золота при образовании цинковых руд, железа, меди и золота – при отложении медных руд.

Исследованиями в области физики твердого тела установлен целый ряд закономерностей роста кристаллов, степени их дефектности в связи с условиями роста. Реальные кристаллы всегда содержат определенное количество точечных дефектов, будь-то примесные, или не связанные с примесями – вакансии, интерстициальные положения атомов и молекул, агрегаты вакансий, атомы при неупорядоченном распределении.

Возможность вхождения примесей в кристаллическую решетку связана с амплитудой смещения атомов (последняя, в свою очередь, зависит от температуры). При одной и той же температуре атомы с меньшими массами имеют большую амплитуду смещения –  $R$ . Изоморфное замещение реально, когда соблюдается равенство  $R_1 + r_1 = R + r$ , следовательно, изоморфное замещение атомов легких ионов с малыми радиусами, но большими амплитудами смещения, возможно тяжелыми ионами с большими радиусами, но меньшими амплитудами смещения. При тепловых колебаниях атом приобретает энергию, пропорциональную массе. Доля атомов, обладающих энергией, достаточной для разрыва ионной связи и перевода кристаллической решетки в неустойчивое состояние, определяется фактором



Больцмана, при повышении температуры доля дестабилизирующих решетку атомов резко увеличивается. Так как амплитуды смещения тяжелых атомов меньше, то они повышают устойчивость кристаллической решетки. Вхождение в кристаллическую решетку при повышенных температурах элементов примесей стабилизирует кристалл.

Сравнение физических характеристик железа (масса атома 55,85, радиус иона  $r \text{ Fe}^{2+} - 0,80 \text{ \AA}$ ) и золота (масса атома 196,96,  $r \text{ Au}^{3+} - 0,85 \text{ \AA}$ ,  $r \text{ Au}^+ - 1,37 \text{ \AA}$ ), (Войткевич и др., 1977) подтверждает возможность изоморфного вхождения золота в пирит. Пирит (а также арсенопирит, пирротин, сфалерит, галенит и др.) относится к классу минералов-полупроводников, проявляющих n-, p-, либо смешанный тип проводимости (Ормонт, 1968). Проводимость природных полупроводников определяется, главным образом, наличием посторонних включений атомов другого вещества, т.е. атомов примеси. Тип проводимости, обусловленный атомами примеси, как известно, зависит от характера примеси: донорные примеси, повышающие концентрацию отрицательных носителей электричества – электронов, ведут к проявлению n-типа проводимости, акцепторные, напротив, – к p-типу. Золото относится к тем немногочисленным сложным легирующим элементам, которые создают в полупроводниках несколько примесных уровней: 1 донорный и 2 акцепторных, т.е. примесное золото может вызывать как n-, так и p-тип проводимости (Ляликов и др., 1975).

Известен ряд работ, в которых изучалась проводимость пирита. Тип проводимости определялся в образцах пирита с месторождения Скальное\* (Южный Тянь-Шань, Центральный Таджикистан) (Баринкова, 1993). В пирите I генерации, представленным довольно крупными – до 5 мм выделениями, часто кубической формы, агрегатами в кварцевых и кварц-карбонатных прожилках, установлен дырочный (p-) тип проводимости и в нескольких случаях смешанный электронно-дырочный. Коэффициенты термоЭДС положительные с максимумом 250-300 мВ/град. Единичные замеры для пирита II генерации, представляющего собой идиоморфно-кубические мелкие (до 1 мм) кристаллики, тоже показали дырочный тип проводимости, но коэффициенты ТЭДС ниже (~200 мВ/град). Определения типов проводимости, к сожалению,

---

\* Оруденение комплексное золото-ртутно-сурьмяное, со сложным составом руд, выделено несколько парагенетических ассоциаций минералов, в том числе колчеданная (арсенопирит, пирит, марказит) с примесью тонкодисперсного золота.

не сопровождались химическим анализом, о содержании золота в исследованных пиритах данных нет, не указан также и тип нестехиометрии.

Тип проводимости пирита определялся для ряда месторождений юго-восточной части Восточного Саяна (Кныш, 1978). Установлена смена дырочной проводимости пирита на электронно-дырочную и электронную в направлении от месторождений, залегающих в верхних частях эрозионного среза к нижним. Общая тенденция изменения электронной и дырочной проводимостей, по мнению авторов, связана с градиентом температур рудообразования (падение температуры с уменьшением глубины залегания).

В.В.Масленников (2001) указывает, что тип проводимости пирита связан с изменением концентрации комплексированного иона  $S_2^{2-}$  при возрастании температуры. Увеличение концентрации  $S_2^{2-}$  за счет диссоциации  $S_2^{2-}$  ведет к образованию пирита с дефицитом серы (n-тип проводимости), затем появляется пирротин или халькопирит.

Таким образом, результатом снижения концентрации  $S_2^{2-}$  будет образование нестехиометричного пирита  $FeS_{2-x}$ , имеющего электронный тип проводимости. Но такой же тип проводимости может возникнуть при вхождении в пирит с дефицитом серы золота в виде донорной примеси (в интерстициальные положения). При вхождении Au в виде акцепторной примеси в пирит с дефицитом Fe, тип проводимости может меняться на дырочный. В этом случае возможно изоморфное вхождение в структурные дефекты – катионные вакансии. Наличие полупроводниковых свойств у золотоносных пиритов признается многими исследователями. Изменение электрохимических свойств минерала связывается с наличием катионных либо анионных вакансий (термин «нестехиометрия» при этом не всегда используется).

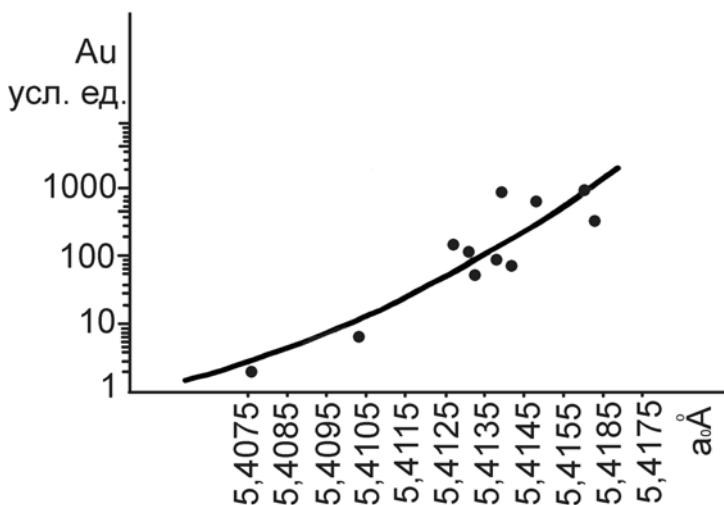
По мнению Ф.А.Летникова и Н.В.Вилор (1981), связь крупного золота с полупроводниковыми свойствами сульфидов устанавливается с трудом, поскольку бывают распространены на месторождениях пириты с обоими типами проводимости, причем зоны с n- и p-проводимостью могут чередоваться в одном крупном кристалле или даже поверхность кристалла бывает гетерогенна по полупроводниковым свойствам, при этом высокая золотоносность часто приурочена к пиритам с проводимостью обоих типов. Ссылаясь на Ю.Г.Зарембо и Е.В.Розову, Ф.А. Летников и Н.В.Вилор указывают, что иногда ранние генерации

пирита с р-типом проводимости уступают по содержанию золота пиритам поздних генераций с n-типом проводимости, тогда как в ассоциирующемся с ними арсенопирите наибольшие концентрации золота сосредоточены в кристаллах р-типа, т.е. распределение золота в пирите и арсенопирите противоположно. При этом отмечается, что изменения типов проводимости, сопровождающиеся повышением содержания золота, связаны с участками повышенной проницаемости в рудных телах, куда могут проникать остаточные растворы. Вдоль контактов зон пиритов с разной проводимостью отлагается видимое золото.

Рассматривая типоморфные особенности золотоносных сульфидов, М.И.Новгородова с соавторами (1980) выделяют в качестве одного из характерных признаков нестехиометричность состава, выражающуюся в отклонении от идеального соотношения  $Fe/S + As$  в арсенопирите и пирите, а также  $As/S$  в арсенопирите. В подавляющем большинстве образцов золотоносного арсенопирита и пирита соотношение  $Fe/S + As \geq 0,5$ , что свидетельствует о дефиците анионов. На примере пирита и арсенопирита показано, что для золотоносных кристаллов характерна тонкая внутренняя зональность. В пирите наблюдалась приуроченность микронных вкраплений самородного золота к поверхностям роста кристалла, границы зональности маркированы золотом, нередко проявляются контуры граней куба под нарощими зонами. Выделения тех же минералов, не имеющих повышенных концентраций золота, характеризуются наличием широких прямолинейных зон роста или отсутствием зональности. Обычным признаком золотоносных пиритов является также усложнение кристаллических форм: по мере повышения содержания Au отмечается переход от простых кубических к сложным комбинациям куба, пентагон-додекаэдра и реже октаэдра. По наблюдениям В.И.Красникова с соавторами (1971) формы кристаллов и типы проводимости взаимосвязаны, в частности, смена октаэдров и пентагон-додекаэдров кубами ведет к существенно дырочной или смешанной проводимости.

Косвенным указанием на возможность изоморфизма золота в пирите может служить устойчивая обратная корреляционная связь Au с Ni, Zn в золотоносном пирите, поскольку прямые корреляции элементов в составе минерала указывают на образование ассоциативных группировок в структуре, вплоть до включений самостоятельных минеральных видов (Ag, Co, Sb), тогда

как обратные корреляционные связи предполагают изоморфные замещения, а изоморфизм Ni в сульфидах широко известен (Новгородова и др., 1980). Вместе с тем, в указанной работе авторы не приводят уверенных суждений о форме нахождения тонкодисперсного золота в пирите и арсенопирите.



**Рис. 46.** Взаимосвязь между содержанием золота и величиной межплоскостных расстояний в пирите (месторождение Муртыкты).

Выполненные нами (Салихов, Бердников, 1985) рентгеноструктурные исследования золотоносных кристаллов пирита из продуктивной ассоциации золото-пиритовых руд месторождения Муртыкты (Урал, Башкортостан) показали, что существует прямая взаимосвязь между параметрами кристаллической решетки (межплоскостные расстояния  $a_0$  и содержанием золота в кристаллах, рис. 46). Содержания золота (в условных единицах) показаны на рисунке в логарифмическом масштабе. Результаты данного исследования подтверждают, что между особенностями кристаллической структуры минерала-концентратора и содержанием в нем золота выявляется непосредственная связь.

Совершенно очевидно, что вышесказанное не исключает возможность скопления микрочастиц «невидимого» золота в

объемных дефектах кристаллов пирита (совершенных природных кристаллов практически нет), либо декорирования линейных дефектов, границ зон роста и т.п. При изучении дефектов в кристаллах золота нередко используется для искусственного декорирования последних. Но при извлечении из руд определенная часть «невидимого» золота остается недоступной, вплоть до полного разрушения пирита, и с этим нельзя не считаться.

Для подтверждения высказанных предположений о возможных структурных позициях золота в пирите необходимы корректные исследования, в которых учитывались бы не только валовые содержания золота (иногда до десятков г/т), но и особенности свойств и структуры кристаллов пирита: степень нестехиометрии, виды собственных и примесных структурных дефектов, валентности ионных групп, тип проводимости, эффект Холла, плотность минерала.

Учитывая дефектность структуры природных пиритов – нарушение стехиометрии, наличие примесей, различие в типах проводимости (электронный n-тип и дырочный p-тип) вхождение золота возможно, как в катионные узлы решетки, так и интерстициальные («межузельные») положения.

Рассмотренный выше материал позволяет (в общем виде) сформулировать особенности физико-химических условий рудотолжения и форм переноса золота в гидротермальных средах.

1. Выделение золота происходит из однотипных хлоридных, хлоридно-гидрокарбонатных, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфидных растворов, содержащих кислые газы ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), углеводороды, инертные газы, азот, и значительные количества углекислоты, как постоянного компонента, катионный состав – щелочные ( $\text{Na}^+$  чаще превалирует над  $\text{K}^+$ ), щелочно-земельные металлы, рудные компоненты, существенное содержание кремнезема.

2. По данным термобарогеохимических исследований общая минерализация растворов невысока: от 0,7 до 12 масс %, повышенная соленость (3,6-32 масс %) для объектов с содержанием  $\text{NH}_4$ . Наиболее часто устанавливаемые температурные интервалы выделения золота: низкий (100-220°C), средний (150-300°C), высокий (300-420°C), значения давлений от 100 до 750 атм. Кислотность растворов оценивается как слабощелочная или близкнейтральная.

3. Наиболее вероятными формами переноса золота являются хлоридные  $\text{AuCl}_2^-$ , гидросульфидные  $\text{Au}(\text{HS})_2^-$  и гидроксидные  $\text{Au}(\text{OH})^0$  комплексы в зависимости от типа раствора.

4. Главные формы нахождения золота в объектах:

а) самородное (видимое), обнаруживаемое инструментальными методами наблюдений (золотины, тонкодисперсное), более характерно для кварц-золоторудных месторождений;

б) структурное (невидимое), изоморфно входящее в структуру, либо занимающее интерстициальные позиции в структуре минералов-концентраторов, в большей степени характерно для золото-сульфидных месторождений.

## **8.2. Эпохи формирования золотого оруденения Республики Башкортостан**

Рассмотренные в работе собственно золоторудные месторождения относятся к трем формациям: золото-кварцевой, золото-сульфидной (полиметаллической) и золото-колчеданно-полиметаллической.

Формирование колчеданных месторождений Башкортостана, как известно, тесно связано с вулканической деятельностью (Сопко и др., 1975, 1983, Прокин, 1977, Серавкин и др., 1968, Масленников и др., 1999, Зайков и др., 2002) нижнего и среднего девона. При этом золото-полиметаллические колчеданные месторождения (баймакского типа) формировались в вулканических депрессиях при кальдерах вулканических аппаратов так называемой баймак-бурибаевской свиты ( $D_1e$ , конодонтовые зоны – *serotinus-patulus*; Маслов, Артюшкова, 2000), а медно- и медно-цинково-колчеданные месторождения (уральского типа) – генетически связаны с продуктами вулканизма той же баймак-бурибаевской и карамалыташской свит ( $D_2ef$ , конодонтовые зоны – *australis-kockelianus*). Соответственно, размещение золотоносных месторождений контролируется ареалом распространения продуктов вулканизма баймак-бурибаевского и карамалыташского комплексов (свит). Современные представления и история эволюции взглядов на происхождение колчеданных месторождений, закономерности их размещения и возможность

увеличения запасов руд в регионе будут даны в книге, посвященной колчеданным месторождениям.

В данном разделе рассматриваются лишь золото-кварцевые и золото-сульфидные месторождения.

*Эпохи золотого оруденения.* Возраст месторождений золота Башкирского региона целенаправленно не изучался. Все существующие представления основаны на общих геологических и геодинамических соображениях, при этом данные абсолютного возраста единичны. Известно, что вмещающими породами рассматриваемых месторождений и рудопроявлений являются все разновидности вулканогенных и интрузивных пород, получивших развитие в регионе, в том числе и разного возраста. Таким образом, сколько-нибудь определенного литолого-петрографического контроля в размещении золотого оруденения не просматривается. Хотя, по мнению В.А.Прокина, золото-кварцевые месторождения Магнитогорского мегасинклинория связаны с «гранитоидами и базальтоидными интрузивными комплексами: Сыростан-Возрожденским, Ахуновским, Балбукским, Нуралино-Миндякским». Нужно заметить, что перечисленные комплексы принадлежат разным формациям, становление их происходило в разные эпохи развития Урала и они являются производными разных исходных магм (базальтовой, гранитной и субщелочной) (Салихов, 1997). Примечательно, что при этом месторождения не обнаруживают сколько-нибудь значимых различий в вещественном составе.

Исключением являются рудопроявления золото-шеелитовой формации. В отличие от других золоторудных месторождений и рудопроявлений, в них присутствуют вольфрамовые минералы (шеелит, иногда вольфрамит). Этот тип оруденения контролируется гранитными массивами верхнего палеозоя.

Особую группу составляет выделенная В.А.Прокиным золото-яшмовая формация, которая представлена локально проявившейся сетью тонких прожилков кварца с пиритом в яшмах ярлыкаповского горизонта ( $D_{2ef}$ ). Надо заметить, что эта формация получила распространение лишь в пределах западного борта Худолазовской синклинали, а в других частях региона месторождения этого типа не известны, хотя кремни ярлыкаповского горизонта развиты широко. В этом контексте остается неясной природа этих золотоносных проявлений и время их формирования.

Многие исследователи отмечают, что месторождения золота приурочены к разрывным нарушениям регионального ранга, и эта точка зрения в последнее время вновь подтверждена И.Б.Серавкиным, С.Е.Знаменским и А.М.Косаревым (2001). С.Г.Варганов, например, пишет о контроле золотого оруденения региональными разрывными нарушениями, но теми из них, которые находятся в ореоле влияния верхнепалеозойских гранитоидов.

В размещении золото-кварцевого оруденения в восточных районах Башкирии важная роль принадлежит малым интрузиям и дайкам. При этом золото-кварцевые жилы нередко развиваются вдоль тектонизированных контактов даек основного состава и вмещающих пород, иногда дайки рассечены мелкими апофизами кварцевых прожилков. Есть пример (участок «Ли́ра» Худолазовская синклиналь), когда дайки кислого состава серицитизированы и пиритизированы, а в их составах отмечается повышенное содержание золота. Эти малые интрузии и дайки основного и кислого состава формировались в перми (Салихов, Бердников, 1985). Распространение их в пределах Магнитогорского мегасинклинория подчинено линейным зонам, которые ориентированы примерно под углом около 20° на СВ к меридиональным структурам Урала. Эти линейные диагональные зоны ветвятся, соединяясь между собой, создают в целом рисунок решетки. Последняя подчеркивает блоковое строение региона в фазу позднеколлизийной его истории развития в поздне-мезозое (Салихов, 1997).

В западных регионах Башкортостана золоторудные месторождения располагаются, как правило, в докембрийских толщах. В частности, объекты Авзянского рудного района приурочены к ранне- и среднерифейским отложениям. Абсолютный возраст светлых слюд из околорудных метасоматитов, распространенных в пределах этих месторождений и рудопоявлений, полученный К/Аг методом, соответствует 674-736 мл. лет (Сазонов и др., 1999), что отвечает позднедокембрийскому (рифей-вендскому) возрасту оруденения.

Итак, формирование золотого оруденения, распространенного в пределах Башкортостана и рассмотренное в данной работе, связано с двумя основными эпохами, которые, в свою очередь, подразделяются на несколько стадий.

Первая (ранняя) объединяет процессы формирования золоторудных объектов, в первую очередь, Авзянского рудного



района. По времени проявления она отвечает позднедокембрийскому (рифей-вендскому) этапу развития региона в рифтогенных геодинамических обстановках (Сазонов и др., 1999, Ковалев, 2002).

Вторая, проявившаяся в позднем палеозое и соответствующая позднеколлизионному (позднеорогенному) этапу развития Урала (Салихов, 1997, Серавкин и др., 2001), ответственна за формирование золото-кварцевых и прожилково-вкрапленных золото-сульфидных месторождений Магнитогорского мегасинклинория.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом томе монографии, посвященной золоторудным объектам Республики Башкортостан, дана характеристика месторождений и рудопроявлений золото-кварцевой, золото-сульфидной и золото-колчеданно-полиметаллической (баймакский тип) формаций, а также золотоносность собственно колчеданной формации (уральский тип).

Описание месторождений и рудопроявлений золота приведено в работе согласно их формационной принадлежности и минералого-геохимической типизации с учетом особенностей минеральных парагенезисов и ассоциаций.

С различной степенью детальности рассмотрены объекты золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций и сделаны выводы об их генетической связи с продуктами позднеорогенного магматизма основного и субщелочного составов, при этом обращается внимание на то, что распространение объектов золото-шеелитового минералого-геохимического типа контролируется гранитными телами.

Из приведенного в монографии материала следует, что золото-колчеданно-полиметаллические месторождения представлены комплексными рудами и в настоящее время разрабатываются на медь и цинк, а золото извлекается попутно, согласно технологии, принятой для руд собственно колчеданных месторождений уральского типа. Впрочем, извлекаемое количество золота в год из руд собственно колчеданных месторождений превышает его объемы, полученные за то же время из собственно золотых месторождений.

Делаются выводы о геодинамических обстановках формирования золотого оруденения, в частности, различные по масштабности оруденения объекты золото-колчеданно-полиметаллической формации формировались в условиях островодужного вулканизма и контролировались кальдерами вулканических аппаратов эйфельского яруса нижнего девона. Перспективы увеличения запасов руд связаны с ареалом распространения вулканогенных толщ баймак-бурибаевской свиты ( $D_{1e}$ ).

Выделяются две временные эпохи рудогенеза: рифейско-вендская и позднепалеозойская, которые в целом обусловлены специфическим развитием региона.

На основе обобщения литературных материалов и собственных данных, в общем виде, сформулированы особенности физико-химических условий рудоотложения и переноса золота в гидротермальных средах, что, применительно к конкретным золоторудным объектам Республики Башкортостан, позволит уточнить их генезис и перспективность промышленного использования.

## АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА

№ п/п	Название рудного объекта	Стр.
1	Абей-Саз	142
2	Абзаковское	68
3	Агаслы	72, 93
4	Агастаубиик	72
5	Аласия I, II	72, 94
6	Александринское	137, 158
7	Александровское (Буйдинский участок)	51
8	Александровское	73, 111, 115
9	Аллагул-Тау	72, 87
10	Алибаевское	157
11	Амангельдинское	111, 117
12	Андреевское	73
13	Андрей-Ивановское	50, 65
14	Апес	83, 84
15	Аптряшка	68
16	Арад-Таш	83
17	Астань-Елькиное	83, 86
18	Асфандияровское	51, 91
19	Ахметшатау	72, 89
20	Аюка	50
21	Багряшка	83, 95, 98
22	Баимовское	68
23	Байдаган	83
24	Баймакское	83
25	Бакр-Тау	137, 143
26	Бакр-Узяк	137, 151
27	Балбукское	50, 54
28	Балта-тау	137, 146

29	Баракальское	83
30	Барсучий лог	50
31	Басай	71,72
32	Баскун-Узяк	83
33	Безымянное	83
34	Белая жила	111, 118
35	Белекей-Кусак	83
36	Белое озеро	121
37	Березовая роща	111, 121
38	Билян-Тау	72, 83, 84
39	Благодатное	111, 114
40	Большой Каран	43, 73
41	Большой Тукан	72
42	Борисовское	73, 77
43	Будай-Тау	50
44	Бурибайское	156
45	Валитовское	83
46	Варваринская жила	50, 52
47	Верхне-Убалинское	111, 118
48	Веселое	68, 70
49	Воскресенское	50, 54
50	Возрождение	103
51	Воронцовское	51, 103
52	Воскресенское	54
53	Восточно-Кузнечное	145
54	Восточно-Семеновское	140
55	Гадельшинское	83, 85
56	Ганеевское	51, 103
57	Гановское	50, 67
58	Гафаровское	50
59	Глазуновские выработки	78
60	Голые горки	111, 121
61	Горная Байкара	137, 147
62	Горный прииск	83, 95, 96
63	Гумеровское	158

64	Густелевские выработки	73, 80
65	Жила №42	51
66	Западное	157
67	Зилаирская группа	83
68	Золотая Горка	83
69	Зудилинское	80
70	Игнатьевское	83
71	Идрис	91
72	Ик-Давлят	130
73	Ильичевское	105, 110
74	Искужинское	83
75	Исмакаевское	83
76	Исянбетовское I, II	83
77	Ишбердинское	50, 72
78	Ишбулдинское	83
79	Казак	51
80	Казаккуловское	111, 122
81	Каинды-Гул	157
82	Калашникова жила	83, 95
83	Камышакское	43, 49
84	Камышлы-Кулак	83
85	Карагайкульское	125
86	Карагайлинское	68, 70
87	Карагайское	83, 85
88	Карамалы-Баш	68
89	Караса	72
90	Карасульское	122
91	Каратал	72
92	Кара-Тау I, II	72
93	Картаполовское	50
94	Караяновское	158
95	Кварцевая гора	83
96	Кербия	121
97	Кзыл-Таш	50
98	Кильчинбаевское	83

99	Ким-Манды	83
100	Козьма-Демьяновское	105, 108
101	Колмаковское	83
102	Константиновское	50, 56
103	Косой пласт	111, 121
104	Красная горка	111
105	Красная жила	122
106	Кривая жила	73
107	Куль-Юрт-Тау	137, 157
108	Кургашлинское	95, 102
109	Курманкульское	50
110	Куртлу-Су-тау	148
111	Куртмали	83
112	Кутлу-булат	72, 83
113	Левый Тукан I, II, III	72
114	Ленинская жила	51
115	Леонид-Тау	50
116	Лысая гора	71
117	Магариф-Тюбе	50
118	Мазаринское	121
119	Майское	138
120	Мало-Муйнаковское	111, 118
121	Мало-Сиратурское	46, 49
122	Мало-Ярлыкаповское	50
123	Малый Каран	71, 73, 74
124	Малый Тукан	72
125	Мариинская жила	51
126	Маяк	50
127	Месторождение XIX партсъзда	158
128	Молодежное	158
129	Муилды-Тамак	72, 83
130	Мулды-Уй	83
131	Мунсик-Тау	50
132	Муртыкты	127
133	Мурунское I, II	72

134	Мусинское	122
135	Мустаевское	83
136	Нижние Убалы	111, 119
137	Николаевская жила I, II	50
138	Никольское	68, 71
139	Ново-Александровское	50, 57
140	Ново-Жураковское	50
141	Ново-Казанское	83
142	Ново-Самарское	157
143	Ново-Семеновское	141
144	Ново-Тимофеевская жила	51, 91, 92
145	Ново-Учалинское	149
146	Октябрьское	50, 51, 66
147	Октябрьское	154
148	Ольховское I, II	83
149	Орловское	105, 107
150	Перелом I, II	45
151	Пик-Тау	51
152	Подольское	134, 137, 153
153	Поперечная жила	46, 47, 49
154	Прибылева	51
155	Пучковское	51, 82
156	Рамеева жила	95, 102
157	Радько-Ражнова	51, 91
158	Ремезовское	111
159	Россыпнинское	73, 111, 119
160	Рытовское	50
161	Рябковские горки	50, 58
162	Сагитовское	83
163	Сагыл-тау	72
164	Сакмар-Туте	83
165	Северное	148
166	Северо-Благодатное	111
167	Северо-Сакмарское	83
168	Семеновское	137, 142



169	Сибайское	134, 137, 151
170	Симочь-Тугульское	68
171	Сира-Турское	46
172	Среднее	148
173	Средний лог	131
174	Старо-Жураковское	51
175	Старо-Тимофеевская жила	51
176	Судовая поляна	83
177	Сукраковское	148
178	Султангузинское	68
179	Султан-Куль	72, 83
180	Сульфидное	127
181	Сунар-Баш	83
182	Сунар-Узяк	72, 83
183	Сурбия	89
184	Суяргуловское	121
185	Талдуй-Баш	83
186	Тал-Мурун	83
187	Таналыкское	140
188	Таракановское	50, 73
189	Таш-Тау	135, 137
190	Тимирьян	71, 72, 81
191	Тимофеевская жила	51, 90
192	Трудовое	50
193	Туба-Каин	137, 148
194	Тубинские жилы	83
195	Туз-Куйганское	50
196	Тукан	72, 83, 93
197	Уваряжское	137, 145
198	Узельгинское	137, 158
199	Узун-Тау	68
200	Улак	83, 99
201	Улузбиик	72
202	Улюк-Бар	83, 95, 99
203	Ураган	51, 92

204	Уразовское	50, 68
205	Уральское	122
206	Урсук	83
207	Урус-Куш	83
208	Успенское	50, 61, 63
209	Уссурюк-Тау	72, 83
210	Утробинское	73
211	Учалинское	134, 137, 149
212	Фельдшерское	46, 49
213	Халиловское	72
214	Хамза-Утары	72, 83, 94
215	Хусаиновское	50
216	Чингизовское	142
217	Шабалинское	50
218	Шадьгаевское	72, 83, 86
219	Шариповское	50
220	Шилкан-Тау	50, 72, 88
221	Юбилейное	134, 137, 155
222	Южное	145
223	Южно-Каратауское	72
224	Южно-Ремезовское	111, 114
225	Южно-Чекалдыкское	68
226	Юлалинское	137, 139
227	Юлдашевское I, II	83
228	Юлукское	158
229	Ягалас	83
230	Язареевское	51
231	Якшимбетовское	89
232	Ярлыкаповское	83
233	Яшмовая жила	83

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Айриянц Е.В., Жмодик С.М., Миронов А.Г. и др.* Золотортутный и золото-серебряный типы оруденения в Восточном Саяне: минеральный состав, физико-химические условия образования // Геология и геофизика. т. 43, № 3. 2002. С. 273-285.

*Андрусенко Н.И.* Газово-жидкие включения как показатели физико-химических условий формирования малоглубинных золоторудных месторождений // Новые данные о типоморфизме минералов. М.: Наука, 1980. С. 58-72.

*Андрусенко Н.И., Адрианова С.И.* Особенности формирования месторождений золота различных глубин и рудных формаций // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 143-151.

*Аношин Г.Н.* Золото в магматических горных породах. Новосибирск: Наука, 1977. 206 с.

*Афанасьева З.Б., Иванова Г.Ф., Румбо Л., Миклишанский А.З.* Геохимия РЗЭ в породах и минералах шеелитосодержащего золотосульфидного месторождения Олимпиада (Енисейский Кряж) // Геохимия. № 2, 1997. С. 189-201.

*Балицкий В.С.* Достоверность результатов термобарогеохимических исследований по включениям в минералах // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. М.: Недра, 1982. С. 198-208.

*Баринкова Н.Ю.* Термоэлектрические свойства арсенопиритов и пиритов месторождения Скальное // Типоморфизм минералов – индикатор рудоносности. М.: ИМГРЭ, 1993. С. 94-101.

*Баханова Е.В., Левин Г.Б., Найденов В.М., Полывянный Э.Я.* Некоторые особенности минералообразования на золоторудном месторождении по данным изотопного состава аргона газово-жидких включений // Термобарогеохимия земной коры и рудообразование. М.: Наука, 1978. С. 201-202.

*Белеванцев В.И., Росляков Н.А., Калинин Ю.А.* О геохимической связи золота и  $\text{NH}_4^+$  в гидротермальных золоторудных месторождениях // Геохимия. № 4, 2002. С. 459-464.

*Бородаевский Н.И.* Золотоносные альбититы рудника Малый Каран в Учалинском районе БАССР на Южном Урале / М.: 1938, труды «Нигризолото», вып. 10.

*Бортников Н.С., Кабри Л., Викентьев И.В., Мак-Мэйхон Г., Богданов Ю.А.* Невидимое золото в сульфидах из современных подводных гидротермальных построек. Докл. АН. т. 372, № 6, 2000. С. 804-807.

*Булынников В.А., Денисенко Н.П., Андреева Т.А.* Температурные условия формирования кварцевых жил Центрального золоторудного поля (Кузнецкий Алатау) // Генетическая минералогия по включениям в минералах. Новосибирск, 1978. С. 125-129.

*Буряк В.А.* Метаморфизм и рудообразование. М.: Недра, 1982. 256 с.

*Викентьев И.В.* Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд // Автореф. дисс... док. геол.-минер. наук, М.: ИГЕМ РАН, 2001. 45 с.

*Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия, № 7, 1962. С. 535-571.

*Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С. и др.* Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. с. 19-21.

*Гончаров В.И., Сидоров А.А., Литвин О.Н.* Особенности газового состава гидротерм вулканогенных месторождений Северо-Востока СССР // Термобарогеохимия земной коры и рудообразование. М.: Наука, 1978. С. 167-170.

Горная энциклопедия / Глав. ред. Е.А.Козловский. Изд-во «Советская энциклопедия», т. 2, 1986. 575 с.

*Дубинина Е.О., Лакистанов Л.З.* Изотопное фракционирование при растворении-кристаллизации минералов // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С. 307-318.

*Ермаков Н.П.* Углекислородометрический метод детальных поисков кварцевых тел и зон гидротермальных изменений // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 158-162.

*Жмодик С.М., Лисицын А.П., Симонов В.А., Бородин Ю.А., Жмодик А.С.* Пространственное распределение Au в образцах океанических гидротермальных сульфидных руд (поля Логачев и Брокен Спур, СХ) // Сб.: Металлогения древних и современных океанов-2001. История месторождений и эволюция рудообразования. Миасс, 2001. С. 61-67.

*Зайков В.В.* Эволюция золотой и серебряной минералогии в рудных фациях колчеданных месторождений // Металлогения

древних и современных океанов-2001. История месторождений и эволюция рудообразования. Миасс, 2001. С. 47-54.

*Зайков В.В., Мелекесцева И.Ю., Тесалина С.Г.* Золоторудная минерализация на кобальтсодержащих колчеданных месторождениях среди ультрамафитов Главного Уральского Разлома // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. т. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2001. С. 126-128.

*Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р.* Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс, 2001. 314 с.

*Знаменский С.Е.* Структура и закономерности размещения золото-полиметаллического оруденения Ильинского рудного поля / БНЦ УрО РАН. Уфа: 1992. 80 с.

*Икорский С.В., Гавриленко Б.В., Даин А.Д.* Исследования газов в кварцевых жилах Кольского полуострова // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 202-205.

*Карелина Е.В., Дьяконов В.В., Трофимов Н.Н.* Особенности нахождения золота в рудах местонахождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, № 1, 2002. С. 92-94.

*Кныш С.К.* Вертикальная зональность золотого оруденения в одном из районов Восточного Саяна по данным термобарогеохимии // Генетическая минералогия (по включениям в минералах). Новосибирск, 1978. С. 111-118.

*Кныш С.К., Шугурова Н.А.* Состав газовой фазы включений в минералах из некоторых золоторудных месторождений Восточного Саяна // Генетическая минералогия по включениям в минералах. Новосибирск, 1978. С. 119-125.

*Козинцева Т.Н.* Растворимость сероводорода в воде и солевых растворах при повышенных температурах // Геохимические исследования в области повышенных давлений и температур. М.: Наука, 1965. С. 121-134.

*Ковалев С.Г.* Рифтогенез в истории развития башкирской части Южного Урала (динамика формирования структурно-вещественных комплексов и их металлогеническая специализация) // Автореф. дисс... док. геол-минер. наук, Уфа: 2002. 40 с.

*Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р.* Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала. Уфа: 1999. 120 с.

*Ковалев С.Г., Высоцкий И.В.* Геохимия золота западного склона Южного Урала // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана / Мат-лы IV Республ. конф. Уфа: т.2. 2001. С. 134-140.

*Колонин Г.Р., Пальянова Г.А., Широносова Г.П., Моргунов К.Г.* Влияние углекислоты на внутренние равновесия во флюиде при формировании золоторудных гидротермальных месторождений // Геохимия. № 1, 1997. С. 46-57.

*Колонин Г.Р., Пальянова Г.А., Широносова Г.П. и др.* // Термодинамическая модель возможной золотоносности высоко-температурного хлоридного водно-углекислого флюида // Геохимия. № 12, 1994. С. 1725-1734.

*Косовец Т.Н., Крылова В.В., Щитова В.И. и др.* Использование палеотемпературных данных для выяснения генетических особенностей золотого оруденения и выявления руководящих структур // Термобарогеохимия земной коры и рудообразования. М.: Наука, 1978. С. 183-191.

*Кравцова Р.Г.* Геохимическая зональность и особенности распределения основных элементов-индикаторов золото-сереброносных гидротермальных систем (Северо-Восток России) // Геохимия. № 2, 1997. С. 202-210.

*Крылова Т.Л., Дорожкина Л.А.* Флюидный режим формирования браннерит-серебро-золотого оруденения в зоне Федоровская (Эльконский рудный район). // Известия высш. уч. заведений. Геология и разведка. № 4, 2002. С. 73-80.

*Летников Ф.А., Вилор Н.В.* Золото в гидротермальном процессе. М.: Недра, 1981. 224 с.

*Ляликов Ю.С., Радауцан С.И., Копанская Л.С., Старуш Т.Г.* Аналитическая химия полупроводников. Кишинев: Штиинца, 1975. 217 с.

*Маракушев А.А.* Физико-химические условия генерации рудоносных флюидов и проблема источника рудного вещества // Источники вещества эндогенных месторождений. М.: 1976. С. 145-164.

*Маракушев А.А.* Петрогенезис и рудообразование (геохимические аспекты). М.: Наука, 1979. 264 с.

*Малинин С.Д.* Физико-химическая характеристика углекислых гидротерм // Геохимические исследования в области повышенных давлений и температур. М.: Наука, 1965. С. 40-95.

*Масленников В.В.* Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчедановых палеогидротермальных полей. Миасс. ЗАО «Полиграф», 1999. 348 с.

*Маслов В.А., Артюшкова О.В.* Стратиграфия палеозойских образований Учалинского района Башкирии. Уфа: ИГ УфНЦ РАН, 2000. 140 с.

*Миронова О.Ф., Наумов Г.Б.* Источники метана и других углеводородов при анализе газово-жидких включений // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 241-243.

*Нарсеев В.А.* Прогноз новых типов концентраций золота // Руды и металлы, № 5, 1997. С. 72-76.

*Наумов Г.Б.* Химическая эволюция минералообразующих сред и локализация руд на геохимических барьерах // Геохимия. Минералогия. М.: Наука, 1980. С. 53-61.

*Наумов Г.Б., Наумов В.Б.* Влияние температуры и давления на кислотность эндогенных растворов и стадийность рудообразования // Геология рудных месторождений. № 1, 1977. С. 13-23.

*Наумов В.Б., Самойлович Л.А.* Практические особенности использования метода гомогенизации // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. М.: Недра, 1982. С. 141-145.

*Некрасов И.Я.* Геохимия, минералогия и генезис золото-рудных месторождений. М.: Наука, 1991. 302 с.

*Новгородова М.И.* Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 288 с.

*Новгородова М.И., Гамянин Г.Н., Цепин А.И. и др.* Типоморфизм золотоносных сульфидов и их минеральных ассоциаций // Новые данные о типоморфизме минералов. М.: Наука, 1980. С. 44-57.

*Ормонт Б.Ф.* Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. М.: Высшая школа, 1968. 487 с.

*Павлов А.Г.* Закономерности размещения золото кварцевого оруденения Южного Верхоянья. Новосибирск: Наука, 2001. 126 с.

*Пальмова Л.Г., Копнева Л.А., Иванов П.А., Прусаков М.А.* Физико-химическая характеристика золотоносных растворов // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 101-106.

*Парада С.Г.* О литогенной природе некоторых золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах // Литология и полезные ископаемые. № 3, 2002. С. 275-288.

*Паддефет Р.* Химия золота. М.: Мир, 1982. 259 с.

*Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.

*Петровская Н.В.* Самородное золото как индикатор условий рудообразования // Геохимия. Минералогия. М.: Наука, 1980. С. 205-211.

*Петровская Н.В.* Современные исследования типоморфизма самородного золота // Новые данные о типоморфизме минералов. М.: Наука, 1980. С. 25-43.

*Полинг Л.* Общая химия. М.: Мир, 1964.

*Попов В.А., Бархударян Н.Б.* К вопросу об условиях формирования золоторудных проявлений различных типов // Термобарогеохимия земной коры и рудообразование. М.: Наука, 1978. С. 202-205.

*Преображенская К.С.* К потенциалу золотоносности колчеданных руд Уральского типа и его освоению на примере Урупского месторождения. Металлогения древних и современных океанов – 2001. Миасс, 2001. С. 182-185.

*Прокин В.А.* Типы сульфидных месторождений Южного Урала / Геология, минералогия и геохимия сульфидных месторождений Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1970. С. 3-16.

*Прокин В.А.* Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале. М.: Недра, 1977. 174 с.

*Прокин В.А., Ярош П.Я., Рудницкий В.Ф.* Модель формирования колчеданных месторождений уральского типа // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Т. 2. Новосибирск, 1983. С. 102-108.

*Пшеничный Г.Н., Волькинштейн М.Я., Николайченков Ю.С. и др.* Ново-Учалинское медно-цинковоколчеданное месторождение Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1999. 394 с.

*Румянцев В.Н., Ганеев И.Г.* Пространственная химическая дифференциация как основной механизм эволюции кислотности-щелочности гидротермальных растворов // Кислотно-основные свойства химических минералов, горных пород и природных растворов. М.: Наука, 1982. С. 137-141.

*Сазонов В.Н., Григорьев Н.А., Мурзин В.В. и др.* Золото Урала. Коренные месторождения (К 250-летию золотой промышленности Урала). Екатеринбург: УИФ Наука, 1993. 210 с.

*Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1999. 570 с.

*Салихов Д.Н.* Средне-позднепалеозойская коллизионная история развития Магнитогорского мегасинклинария. // Автореф. дисс... док. геол.-минер. наук, 1997 85 с.



*Салихов Д.Н., Бердников П.Г.* Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклинория. Уфа:, БНЦ УрО АН СССР, 1985. 96 с.

*Салихов Д.Н., Серавкин И.Б., Бояркин А.Г.* Баймак-Карасазовская зона Магнитогорского мегасинклинория и ее металлогеническое значение // Магматизм, метаморфизм и рудоносность Урала:. Уфа, БФАН СССР, 1975. С. 33-40.

*Салихов Д.Н., Серавкин И.Б., Юсупов С.Ш., Косарев А.М. и др.* Геология, минералогия и геохимия Абейсаз-Бакртауского рудного поля. Уфа: Изд-во «Гилем», 1997. 162 с.

*Седельникова Г.В.* Проблема освоения коренных месторождений золота: технологический аспект // Минеральные ресурсы России, 1996. С. 21-25.

*Серавкин И.Б.* Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

*Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М.* Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

*Сопко П.Ф.* Типы золоторудных месторождений Башкирии и некоторые закономерности их размещения // Условия локализации рудных месторождений на южном Урале. Уфа: БФАН СССР, 1977. С. 59-72.

*Сопко П.Ф., Бобохов А.С., Серавкин И.Б., Уразаев К.А., Бояркин А.П., Калугина М.А., Родичева З.И.* Структурный и магматический контроль колчеданного месторождения Башкирии. М.: Наука, 1975. 227 с.

*Сопко П.Ф., Исмагилов М.И., Серавкин И.Б., Сопко Л.Н.* Колчеданные месторождения Баймакского рудного района. М.: Наука, 1973. 224 с.

*Суренков С.В., Моралев Г.В., Борисов А.В.* Физико-химические параметры Au-PGE-REE минерализации рудопроявлений Чудное и Нестеровское (Приполярный Урал) // Сб.: Металлогения древних и современных океанов – 2001. Миасс, 2001. С. 195-198.

*Тюрин Н.Г.* Роль окислительно-восстановительного потенциала в процессах растворения и осаждения золота // Исследования природного и технического минералообразования. М.: Наука, 1966 а. С. 263-268.

*Тюрин Н.Г.* Получение искусственного пирита с тонкодисперсным золотом из растворов // Исследования природного и технического минералообразования. М.: Наука, 1966 б. С. 268-273.

*Фогельман Н.А.* Базовые формации или геолого-генетические модели? // Руды и металлы, № 5, 1996. С. 63-72.

*Хамитов Р.А., Чернов А.Л., Габитов Г.Х.* Твердые полезные ископаемые – закономерности, перспективы, экономика // Геология и полезные ископаемые Республики Башкортостан, проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевой базы / Материалы III Республ. конф. Уфа: 1999. С. 85-93.

*Шер С.Д.* Эволюция типов и условий формирования месторождений золота в геологической истории // Геология рудных месторождений, № 5, т. XVIII, 1976. С. 3-14.

*Щербаков Ю.Г.* Распределение и условия концентрации золота в рудных провинциях. М.: Наука, 1967. 267 с.

*Юдин И.М., Адрианова С.И., Мельников Ф.П.* Опыт комплексования термометрических методов при исследовании золотого оруденения // Теория и практика термобарогеохимии. М.: Наука, 1978. С. 191-193.

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В.* Геохимия и рудогенез золота в черных сланцах. Сыктывкар: Геонаука, 1990. 61 с.

*Юшко-Захарова О.Е., Иванов В.В., Соболева Л.Н. и др.* Минералы благородных металлов: Справочник / М.: Недра, 1986. 272 с.

200 лет золотой промышленности Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1948.

Делир Нурзадаевич Салихов  
Сергей Григорьевич Ковалев  
Галина Ивановна Беликова  
Павел Григорьевич Бердников

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
(золото)  
Часть 1**

Рекомендовано к изданию: Отделением наук о Земле АН РБ (протокол №1 от 22.01.2003); Ученым советом Института геологии УНЦ РАН (протокол №3 от 25.01.2003); Научно-техническим советом ГУГП «Башгеолцентр» (протокол № 1 от 27.01.2003).

Оригинал макет подготовлен в  
Институте геологии УНЦ РАН  
С.Г.Ковалевым