

*Министерство образования и науки Российской Федерации
Амурский государственный университет
Институт геологии и природопользования ДВО РАН
Российское минералогическое общество, Амурское отделение*

А.В. Мельников, В.А. Степанов, А.С. Вах,
Д.Л. Вьюнов, А.И. Дементиенко,
А.Е. Пересторонин

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНОГО ЗОЛОТА ПРИАМУРСКОЙ ПРОВИНЦИИ



Благовещенск
Издательство АмГУ
2017

УДК
ББК

*Рекомендовано
ученым советом университета*

Рецензенты:

С.И. Арбузов, д-р геол.-минер. наук;

Д.В. Юсупов, канд. геол.-минер. наук

Мельников А.В., Степанов В.А., Вах А.С., Вьюнов Д.Л., Дементиев А.И., Пересторонин А.Е. Месторождения рудного золота Приамурской провинции. Монография / А.В. Мельников, В.А. Степанов, Д.Л. Вьюнов, А.И. Дементиев, А.Е. Пересторонин. – Благовещенск: Амурский гос. университет, 2017. –1500 с.

В книге приведено описание золоторудных месторождений Приамурской провинции, отнесенных к золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной, золото-серебряной, золотополиметаллической и золото-медно-молибден-порфириновой формациям. Среди них значительно преобладают месторождения золото-кварцевой формации, определяющие не только рудный, но и россыпной потенциал провинции.

Книга рассчитана на специалистов-геологов, занимающихся проблемами минерально-сырьевой базы золота Дальнего Востока, представляет интерес для предпринимателей и спонсоров, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

© Мельников А.В., Степанов В.А., Вах А.С., Вьюнов Д.Л., Дементиев А.И., Пересторонин А.Е. 2017
© Амурский государственный университет, 2017
© Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 2017
© Российское минералогическое общество, Амурское отделение, 2017

ВВЕДЕНИЕ

В 2013-2015 гг. Амурская область, на территории которой находится основная часть Приамурской золотоносной провинции, занимала 2-4 место по добыче золота в России. Это результат резкого увеличения в XXI в. добычи рудного золота при снижении поступления золота из россыпей (Степанов, 2013). Но фонд разрабатываемых рудных месторождений провинции невелик и ограничен 5-6 объектами, многие из которых в значительной мере отработаны. Поэтому в ближайшие годы потребуются расширение базы эксплуатируемых месторождений. Для реализации этой задачи необходим детальный пересмотр фонда имеющихся месторождений рудного золота как для определения перспектив доизучения их флангов и глубоких горизонтов, так и для выявления критериев открытия новых месторождений, в первую очередь крупных и с легкообогатимыми рудами.

Наиболее известные месторождения Приамурья были описаны ранее в монографиях о золоторудных месторождениях Дальнего Востока (Моисеенко, Эйриш, 1996), о металлогении золота Приамурья (Эйриш, 2002) и золотоносности Приамурской провинции (Степанов и др., 2008). Сведения по рудным месторождениям значительно устарели, тем более, что полная детальная сводка всех месторождений рудного золота с апробированными запасами не была составлена. В данной монографии сделана попытка восполнить информационный пробел.

К месторождениям мы традиционно относим участок земной коры, в котором в результате тех или иных геологических процессов произошло накопление минерального вещества, по количеству и качеству залегания пригодного для промышленного использования (Смирнов, 1976, 1982). Согласно Горной энциклопедии, месторождение полезных ископаемых – это скопление минерального вещества на поверхности или в недрах Земли, по количеству, качеству и условиям залегания пригодное для промышленного использования. (Горная энциклопедия, 1984-91). В пределах Приамурской провинции большинство золоторудных месторождений прошли подсчет запасов в ГКЗ, ТКЗ или НТС («Амурнедра»), но некоторые месторождения были отработаны на ранних этапах исследования провинции без подсчета запасов (например, Золотая Гора). Месторождения по запасам золота разделены на мелкие (≤ 10 т), средние ($>10-100$ т) и крупные (>100 т).

В монографии приведены металлогенические особенности Приамурской золотоносной провинции, основные закономерности размещения в ее пределах месторождений рудного и россыпного золота. Детально охарактеризованы формационные типы, геологическое строение, геохимические особенности, состав руд и технология извлечения золота размещенных в ее пределах золоторудных месторождений. В заключение дана оценка перспектив выявления новых и освоения известных месторождений золота различных типов. Следует отметить, что золоторудные месторождения Приамурья изучены крайне неравномерно. Крупные и средние по запасам месторождения (Бамское, Березитовое, Маломыр, Пионер, Покровское, Токур) изучены хорошо, хотя и неравномерно, но многие мелкие месторождения исследованы очень слабо. При этом некоторые из них уже отработаны (Золотая Гора, Анатолевское, Базовое и др.), поэтому получение по ним новых сведений проблематично.

Изложенные материалы основаны на результатах многолетних исследований авторами золоторудных месторождений Приамурья на разных стадиях геологоразведочных и научно-исследовательских работ, а также на анализе фондовых и литературных источников. По золоторудным месторождениям «Бамское» и «Маломыр» имеются отдельные монографии, выполненные с участием авторов книги (Степанов и др., 1998; Буряк, Пересторонин, 2000). Кроме того, авторы являются признанными первооткрывателями месторождений «Пионер» (В.А. Степанов) и «Маломыр» (А.Е. Пересторонин). Надеемся, что опубликование книги будет способствовать не только дальнейшему исследованию золоторудных месторождений Приамурской провинции, но и привлечению инвестиций для изучения, оценки, разведки и эксплуатации наиболее перспективных из них.

Глава 1. ПРИАМУРСКАЯ ЗОЛОТОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ

1.1. Общие представления о металлогенической провинции

Под металлогенической провинцией обычно понимается весьма крупная рудоносная площадь, совпадающая с геосинклинальной областью, системой или сравнимого масштаба крупной структурой платформ, характеризующаяся минерализацией определенного типа и формирующаяся в течение одного или нескольких тектоно-магматических циклов – металлогенических эпох. Площадь провинции составляет порядка нескольких сот тысяч – нескольких миллионов квадратных километров (Геологический словарь, 1973). Похожую формулировку дает В.И. Смирнов (1976), определяя провинцию полезных ископаемых как крупный участок земной коры, относящийся к платформе, складчатому геосинклинальному поясу или дну океана, с размещенными в его пределах и свойственными ему месторождениями. Термин введен в 1872 г. Делоне. Близки к его определению провинции представления Спёрра, Макларена и Линдгрена.

В пределах СССР рудоносные площади типа металлогенических провинций выделяли В.А. Обручев и А.Е. Ферсман. Ю.А. Билибин охарактеризовал провинции с позиций регионального металлогенического анализа, уточнил представление о размерности провинций, относя к ним крупные рудоносные площади, сформировавшиеся на месте «геосинклинальных зон», и выделил в их пределах рудоносные площади меньшего порядка – структурно-металлогенические зоны (Билибин, 1955).

В более поздних работах металлогеническая провинция трактуется несколько по-другому – как совокупность рудных месторождений, развитых в пределах крупных тектонических подразделений. Выделяются металлогенические провинции платформенных щитов, плит, геосинклинально-складчатых систем, передовых прогибов и срединных массивов (Горная энциклопедия, 1991; Российская геологическая энциклопедия, 2010).

Наиболее полное определение золоторудной металлогенической провинции предложил М.М. Константинов. Под золоторудной провинцией он понимает часть земной коры, представляющую сложную, но однотипную геологическую структуру, имеющую региональное развитие, большую протяженность и состоящую из разнообразных взаимосвязанных золотоносных структур. Золоторудные провинции характеризуются преобладанием одной или двух золоторудных формаций. Выделяются золоторудные провинции древних щитов и их обрамлений, протерозоид, каледонско-герцинские и мезозойско-кайнозойские. Провинции называются по географическому положению и основному виду полезного ископаемого, – например, золоторудная провинция Урала. Приамурская золоторудная провинция, наряду с Восточно-Забайкальской, Верхоянской и Кольмо-Чукотской, отнесена к мезозойским (Константинов, 2006).

В пределах провинций, специализированных на золото, вместе с рудными месторождениями расположены россыпи, образованные за счет разрушения золотой минерализации. Поэтому такие провинции предлагается называть золотоносными.

Территория Приамурской, как и других золоторудных провинций, не имеет четких ограничений. По мере изучения границы провинции меняются. В данной книге по сравнению с предыдущей (Степанов, Мельников, Вах и др., 2008) к Приамурской провинции добавились Южно-Якутская металлогеническая зона на севере провинции, Китемяхтинский и Чогарский рудные узлы на западной и восточной окраинах провинции. Следует отметить, что границы между соседними провинциями часто бывают достаточно расплывчатыми. Например, между Приамурской и расположенными к западу, востоку и северу от нее Забайкальской, Приморской и Алданской провинциями существуют мелкие разрозненные россыпи и рудопроявления золота. Отнесение их к той или другой провинции в настоящее время проблематично. Несомненно, что при дальнейших исследованиях границы провинции будут уточняться. В частности, возможно увеличение ее площади в южном направлении.

1.2. Структурная приуроченность и районирование Приамурской провинции

Приамурской золотоносной провинции отвечает крупная геологическая структура площадью около 400 тыс. км², протянувшаяся в юго-восточном направлении, на расстояние около 900 км вдоль хребтов Тукурингра и Джагды на левобережье среднего течения р. Амур (рис. 1.1).

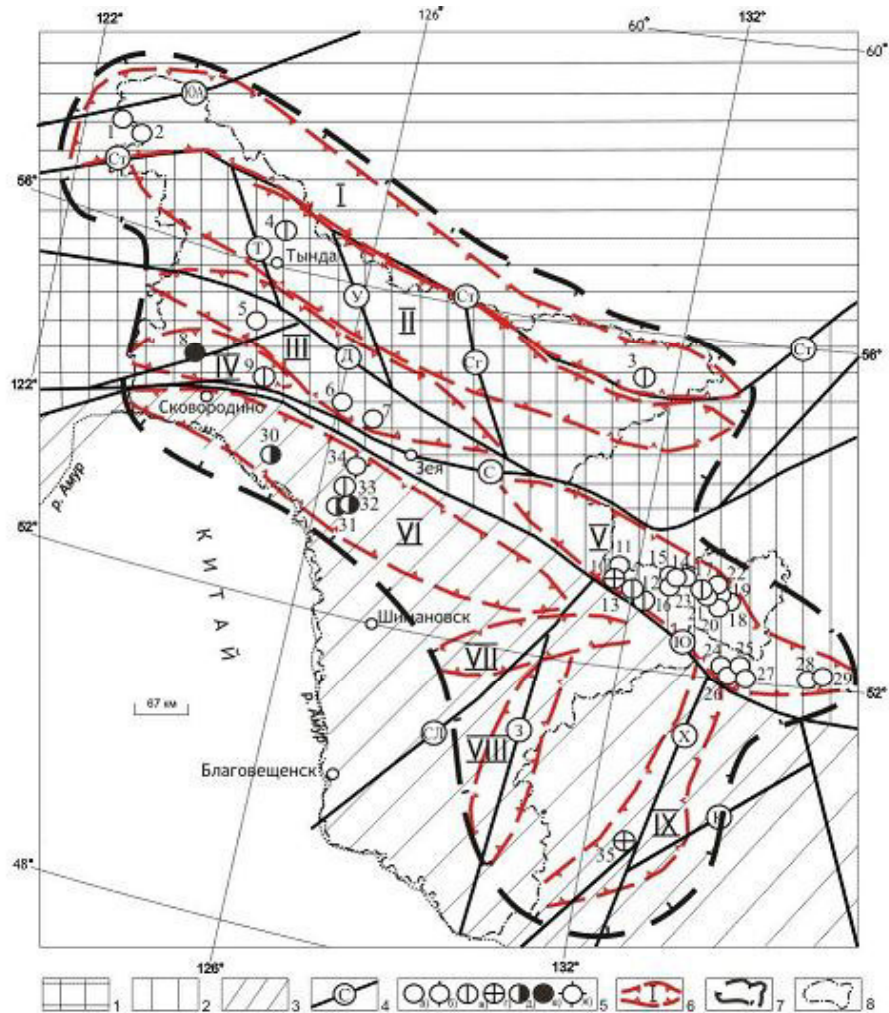


Рис. 1.1. Приамурская золотоносная провинция:

1-3 геоблоки: 1 – Алдано-Становой, 2 – Монголо-Охотский, 3 – Амурский; 4 – региональные разломы (ЮА – Южно-Алданский, Ст – Становой, Т – Тунгурчанский, С – Северо-Тукурингрский, Ю – Южно-Тукурингрский, Д – Желтулакский, У – Унахинский, СГ – Сугджарский, З – Западно-Туранский, СЛ – Селемджинский, Х – Хинганский, К – Курский); 5 – золоторудные месторождения, их формационная принадлежность и номера: а) золото-кварцевой (1 – Ледяное, 2 – Скалистое, 5 – Одолго, 6 – Успенское, 7 – Золотая Гора, 11 – Кварцитовое, 14 – Токур, 15 – Иннокентьевское, 16 – Сагур, 17 – Тарнах, 18 – Албын, 19 – Харгинское, 20 – Афанасьевское, 21 – Ингагли, 24 – Буровое, 25 – Жильное, 26 – Лысогорское, 27 – Петровско-Еленинское, 28 – Кербинское, 29 – Токоланское), б) золото-шеелит-кварцевой (Унгличкан), в) золото-сульфидно-кварцевой (3 – Колчеданный Утес, 4 – Бамское, 9 – Кировское, 12 – Ворошиловское, 13 – Верхнемынское, 23 – Ясное, 33 – Пионер), г) золото-сульфидной (10 – Маломыр, 35 – Нони), д) золото-серебряной (30 – Буринда, 31 – Покровское, 32 – Желтунак), е) золото-полиметаллической (8 – Березитовое), ж) золото-медно-молибден-порфириновой (Боргуликан) формаций; 6 – границы металлогенических зон (I – Южно-Якутская, II – Северо-Становая, III – Желтулакская, IV – Янканская, V – Джагды-Селемджинская, VI – Северо-Буреинская, VII – Чагойан-Быссинская, VIII – Туранская, IX – Восточно-Буреинская); 7 – контур Приамурской провинции; 8 – граница Амурской области.

Эта структура представляет собой область проявления позднемезозойской коллизии геоблоков юго-восточного обрамления Сибирского кратона и Амурского композитного массива с разделяющей их Монголо-Охотской складчатой системой.

Коллизия сопровождается позднемезозойской интрузивной и вулканической деятельностью с формированием золоторудных месторождений. В более позднее, преимущественно четвертичное, время за счет разрушения золотой минерализации были образованы россыпи золота.

В провинции выделено 9 металлогенических зон: Южно-Якутская, Северо-Становая, Джелтулакская, Янканская, Джагды-Селемджинская, Северо-Буреинская, Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская, а в их пределах десятки рудно-россыпных узлов (Мельников, Степанов, 2013; 2014; 2015). Преобладающая часть металлогенических зон (Южно-Якутская, Северо-Становая, Джелтулакская, Янканская, Джагды-Селемджинская и Северо-Буреинская) имеет субширотное северо-западное простирание, Чагоян-Быссинская – субширотное северо-восточное, а Туранская и Восточно-Буреинская – крутое северо-восточное. Они контролируются зонами крупных региональных разломов – Станового, Джелтулакского, Северо-Тукурингского, Южно-Тукурингского, Селемджинского, Западно-Туранского и Хинганского.

Центральная часть Приамурской провинции приурочена непосредственно к коллизионному сочленению Алдано-Станового, Монголо-Охотского и Амурского геоблоков. Структурный ансамбль этой части провинции составляют крупные межблоковые разломы глубокого заложения – Южно-Тукурингский, Северо-Тукурингский и Джелтулакский. Эти разломы контролируют положение Джелтулакской, Янканской, Джагды-Селемджинской и Северо-Буреинской металлогенических зон с наиболее интенсивным золотым оруденением и богатыми россыпями. Джелтулакская зона приурочена к системе одноименного разлома, Янканская примыкает с севера к зоне Северо-Тукурингского разлома, Джагды-Селемджинская располагается между Северо- и Южно-Тукурингским, а Северо-Буреинская зона примыкает с юга к Южно-Тукурингскому разлому. Общее северо-западное субширотное простирание зон конформно перечисленным разломам.

На северной и юго-восточной окраинах провинции располагаются металлогенические зоны с менее интенсивным золотым оруденением и бедными россыпями. Северная часть провинции представлена Южно-Якутской и Северо-Становой металлогеническими зонами. Они располагаются в пределах Станового геоблока и контролируются Становым внутриблоковым разломом северо-западного субширотного простирания. На юго-восточной периферии провинции располагаются Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская металлогенические зоны. Они приурочены к Амурскому геоблоку и контролируются Селемджинским, Западно-Туранским и Хинганским внутриблоковыми разломами.

1.3. Продуктивность месторождений рудного и россыпного золота

Всего в Приамурской провинции, начиная с 1867 г. по 1.01.2015 г., добыто более 1.3 тыс. т золота (Мельников, Степанов, 2013; 2014; 2015). В последнее десятилетие золотодобыча достигла максимальных с 1867 г. величин. В подсчет принята главным образом официально учтенная добыча золота по Амурской области (более 1 тыс. т), а также из вошедших в пределы провинции россыпей южной части Якутии, западной периферии Хабаровского края и востока Читинской области. Кроме того, была учтена предполагаемая добыча из старых россыпей Амурской области, по которым явно велась отработка, но нет официальных данных по количеству добытого золота. По уровню золотодобычи Приамурская провинция относится к основным золотоносным провинциям России.

Преобладающая часть золота Приамурья добыта из россыпей (1133 т). Доля рудного золота, добыча которого началась намного позже россыпного, значительно скромнее – 180 т. Началась добыча рудного золота в 1917 г. с отработки старателями богатых золотоносных жил месторождения «Золотая Гора». Всего с 1917 г. по 1922 г. здесь добыто 1638

кг золота (Анерт, 1928). В 1924-1935 гг в эксплуатацию были вовлечены Ворошиловское, Харга и Кировское месторождения. В год добывалось в среднем несколько сотен килограммов золота. Небольшой пик на уровне 2 т золота в год наблюдался в 1951-1955 гг. Он вызван эксплуатацией месторождений «Токур» (4348.5 кг), «Кировское» (2679.5 кг), «Сагур» (1978.2 кг), «Харга» (951 кг) и «Ясное» (211 кг). Далее, начиная с 1961 г. и по 1995 г., рудное золото, по 800-400 кг в год давал только Токурский рудник, с каждым годом снижая производительность. Новый период увеличения добычи рудного золота начался с вводом в эксплуатацию месторождений «Покровское» (1999 г.), «Пионер» (2008 г.), «Березитовое» (2008 г.), а затем «Маломыр» (2010 г.) и «Албын» (2011 г.).

В 2007 г. извлечение рудного и россыпного золота сравнялось, далее рудного золота добывалось больше, чем россыпного. За период 2005-2010 гг. добыто 54.4 т рудного золота, что значительно больше, чем россыпного. А в 2011-2015 гг. добыча рудного золота была в несколько раз выше россыпного. Так возник «Амурский золотой крест» (рис. 1.2).

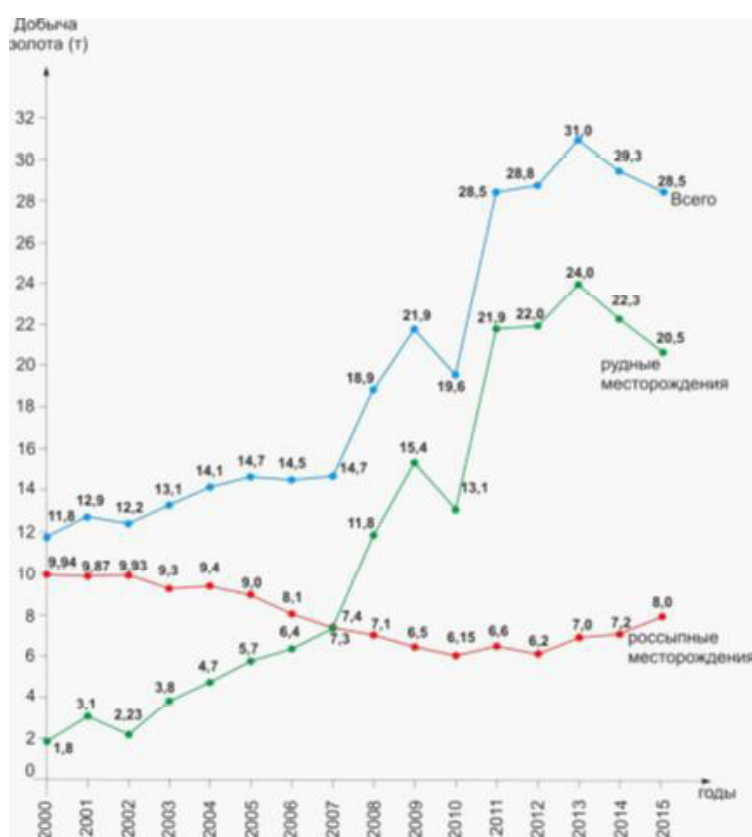


Рис. 1.2. «Амурский золотой крест».

Золоторудные месторождения

В пределах провинции известно 44 мелких, средних и крупных по запасам месторождений. Больше всего золоторудных месторождений содержат Джагды-Селемджинская (21 месторождение) и Северо-Буреинская (8) зоны центральной части провинции (табл. 1.1).

В центральной части провинции добыто 179.4 т рудного золота, в том числе из месторождений Северо-Буреинской зоны – 97 т, а Джагды-Селемджинской – 57.19 т. В северной периферической части добыто 0.5 т, в юго-восточной периферической добыча рудного золота не производилась. Таким образом, на долю центральной части провинции приходится 99.7% добытого рудного золота.

Таблица 1.1

**Месторождения и рудопроявления золота в металлогенических зонах
Приамурской провинции**

№ п/п	Металлогеническая зона	Названия месторождений (количество)	Количество рудопроявлений	Добыча золота, т
Северная периферия провинции				
1	Южно-Якутская	Ледяное, Скалистое, Колчеданный Утес	178	0.032
2	Северо-Становая	Бамское, Моготинское	182	0.514
<i>Итого:</i>		5	360	0.546
Центральная часть провинции				
3	Джелтулакская	Одолго, Успенское, Золотая Гора, Иличи Унахинские	109	2.858
4	Янканская	Березитовое, Кировское, Снежинка	57	22.4
5	Джагды-Селемджинская	Маломыр, Кварцитовое, Осеннее, Ворошиловское, Верхнемынское, Токур, Иннокентьевское, Сагур, Тарнах, Албын, Харгинское, Афанасьевское, Ингагли, Унгличкан, Ясное, Буровое, Жильное, Лысогорское, Петровско-Еленинское, Кербинское, Токоланское	151	57.19
6	Северо-Буреинская	Буринда, Покровское, Желтунак, Базовое, Пионер, Александра, Икан, Восточное Двойное	58	97.0
<i>Итого:</i>		36	375	179.448
Юго-восточная периферия провинции				
7	Чагойн-Быссинская	Чагойнское	21	-
8	Туранская	Прогнозное	20	-
9	Восточно-Буреинская	Нони	4	-
<i>Итого:</i>		3	45	-
Всего:		44	780	179.994

Россыпи золота

Всего из россыпей Приамурской провинции на 1.01.2015 г. добыто почти 1132 т золота. В среднем из одной россыпи добыто 0.789 т золота. В россыпях разных частей провинции и отдельных металлогенических зонах добыча золота неодинакова (табл. 1.2).

Таблица 1.2

**Добыча золота из россыпей металлогенических зон
Приамурской провинции (Мельников, Степанов, 2013; 2014; 2015)**

№ п/п	Металлогеническая зона	Кол-во россыпей	Общая добыча, т	Удельная добыча, т
Северная периферия провинции				
1	Южно-Якутская	176	41.22	0.234
2	Северо-Становая	209	55.76	0.267
<i>Итого:</i>		385	96.98	0.252
Центральная часть провинции				
3	Джелтулакская	278	296.48	1.066
4	Янканская	146	250.90	1.720
5	Джагды-Селемджинская	374	293.24	0.784
6	Северо-Буреинская	141	163.02г	1.156
<i>Итого:</i>		939	1003.64	1.068
Юго-восточная периферия провинции				
7	Чагойн-Быссинская	68	26.68	0.390
8	Туранская	20	5.17	0.250
9	Восточно-Буреинская	23	0.40	0.017
<i>Итого:</i>		111	32.25	0.290
Всего:		1435	1132.886	0.789

Хорошо видно, что по общему уровню и по удельной добыче россыпного золота металлогенические зоны центральной части провинции значительно отличаются от периферических. К центральной (приядерной) части провинции относятся россыпи Джелтулакской, Янканской, Джагды-Селемджинской и Северо-Буреинской металлогенических зон, в каждой из которых добыты сотни тонн золота. Из 939 россыпей этих зон извлечено основное количество золота провинции (около 88.5%). Удельная добыча из одной россыпи высокая и колеблется от 0.784 в Джагды-Селемджинской зоне до 1.72 в Янканской, в среднем – 1.068 т.

К периферическим зонам отнесены Южно-Якутская и Северо-Становая (северная периферия провинции), а также Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская (юго-восточная периферия).

На северной периферии находится 385 россыпей, из которых добыто около 8.5% золота провинции. Удельная золотодобыча невысока (0.234-0.267 т).

В юго-восточной части зафиксировано 111 россыпей, из которых добыто 3% золота провинции. Средняя золотодобыча низкая – 0.017-0.39 т.

По-видимому, зоны Южно-Тукурингского, Северо-Тукурингского и Джелтулакского разломов являлись основными рудоподводящими каналами при формировании золотой минерализации провинции.

В зоне их влияния (центральная часть провинции) добыто 99.7% рудного и 88.5% россыпного золота. Металлогенические зоны периферической части, удаленные от коллизионного сочленения геоблоков, намного менее золотоносны и обладают меньшими ресурсами рудного и россыпного золота. Так, на долю северной периферии приходится 8.5% добычи россыпного и 0.3% рудного золота, юго-восточной – 3% россыпного золота, а рудное золото не добывалось. В размещении металлогенических зон наблюдается определенная закономерность: наиболее золотоносные из них приурочены к центральной части провинции, гораздо менее золотоносные – к периферии.

Состав золота россыпей Приамурской провинции в целом меняется от 600 до 1000‰ (рис. 1.3).

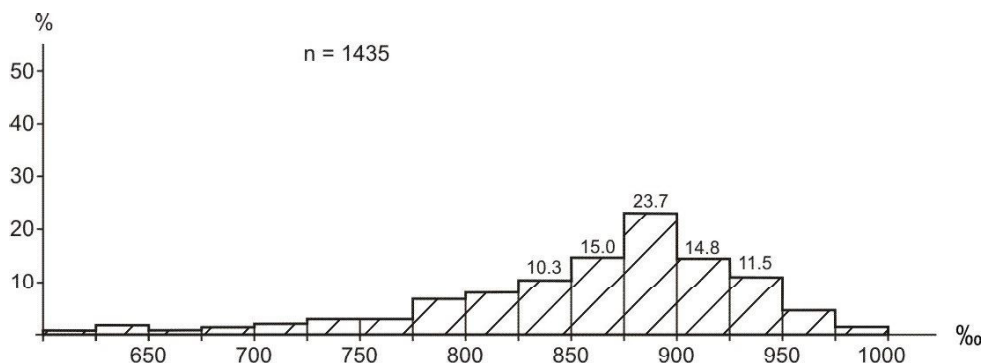


Рис. 1.3. Гистограмма пробы россыпного золота Приамурской провинции.

Распределение количества россыпей с определенной пробой золота одномодальное, с максимумом в интервале 875-900 единиц (23.7% россыпей). Доля россыпей с высокой (900-1000‰) пробой составляет около 30%, с умеренно высокопробной (менее 875‰) – около 46%. На гистограммах пробы золота по отдельным частям провинции видно, что одномодальное распределение пробы золота сохраняется, а это свидетельствует об однотипности коренных источников сноса золота (рис. 1.4-1.6).

Отличие заключается в некотором увеличении доли россыпей с высокопробным золотом в центральной части провинции (37.1%) по сравнению с северной (13.7%) и юго-восточной (29.7%) периферией. Увеличение пробы россыпного и рудного золота в центральной части провинции по отношению к ее окраинам отмечалось и ранее (Степанов, 2000).

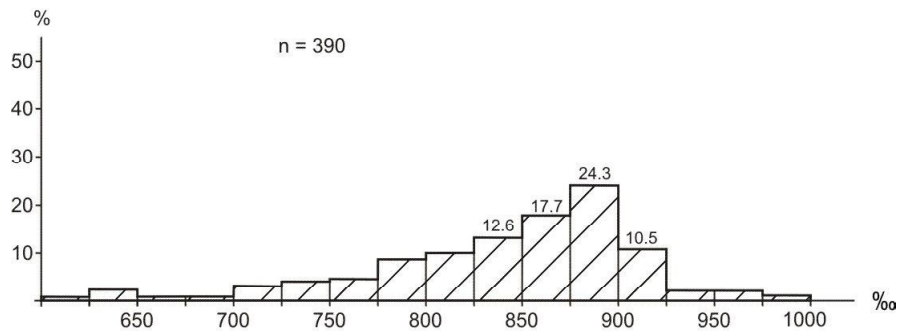


Рис. 1.4. Гистограмма пробы россыпного золота северной части Приамурской провинции.

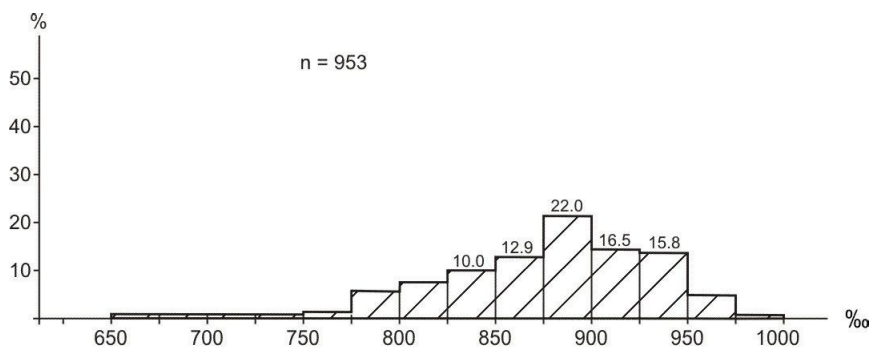


Рис. 1.5. Гистограмма пробы россыпного золота центральной части Приамурской провинции.

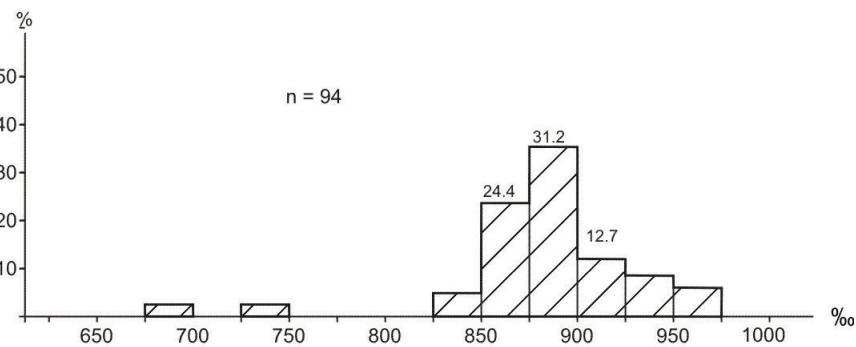


Рис. 1.6. Гистограмма пробы россыпного золота юго-восточной части Приамурской провинции.

1.4. Возраст золотого оруденения

На Дальнем Востоке России располагаются золоторудные провинции герцинского (Омолонская), мезозойского и кайнозойского (Восточно-Забайкальская, Верхоянская, Колымо-Чукотская, Охотско-Чукотская и Приамурская) возраста (Константинов, 2006). Наиболее древним является месторождение «Кубака», абсолютный возраст которого составляет 335-330 млн. лет (Степанов и др., 1998), а самые молодые золоторудные месторождения расположены на Камчатке. Их возраст меняется от 41.4 до 0.7 млн. лет (Округин, 2002).

Формирование Приамурской провинции, как и большинства других золоторудных провинций мира, происходило в один возрастной этап. Для Приамурья он определяется тектономагматической активизацией, вызванной коллизией жестких блоков окраины Сибирской платформы и Амурского композитного массива, происходившей в поздне-мезозойское время. Определение возраста золоторудных месторождений в Приамурье сопряжено с определенными трудностями, заключающимися в том, что большинство месторождений располагается среди докембрийских метаморфических и магматических комплексов пород, возраст которых значительно древнее оруденения, поэтому нижняя возрастная граница обычно существенно занижена. Верхнюю возрастную границу по геологическим данным определить бывает непросто. С уверенностью можно судить лишь о возрасте оруденения золото-серебряной формации, коррелирующим с возрастом вмещающих оруденение эффузивов (месторождения «Покровское», «Буринда», «Желтунак»). Поэтому на первый план выходит определение изотопного возраста золотого оруденения провинции. Наиболее точный U-Pb метод определения возраста по цирконам малоприменим, так как в рудах этого минерала нет, а соответствие возраста магматических образований и золотого оруденения доказать бывает достаточно сложно. Поэтому на первое место выходит изотопное определение возраста золотого оруденения Rb-Sr, Ag-Ag или K-Ag методами по входящим в состав руд минералам (серициту, полевым шпатам, карбонатам). Наиболее полные сведения об абсолютном возрасте золоторудных месторождений Приамурья получены при помощи Rb-Sr метода (Степанов, 2005). Изучались мономинеральные фракции сопровождающих золото минералов (серицита, полевого шпата, кальцита) рудных стадий минерализации, отобранных из протолочных проб руд ряда месторождений золота (Бамское, Покровское, Кировское, Токур, Ворошиловское, Золотая Гора и др.). Определение содержания рубидия и стронция, а также изотопного состава указанных элементов выполнялось в отделе изотопной геологии (ныне Центр изотопных исследований) ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) на масс-спектрометре МИ-1201Т (аналитики Ю.П. Шергина и П.Б. Лебедев). Расчет изохрон был выполнен по программе ISOPLOT (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Абсолютный Rb-Sr-возраст рудосопровождающих минералов месторождений золота Приамурской провинции

Месторождения, рудопроявления	Стадия минерализации	Исследуемый минерал	Параметры изохрон, млн. лет
Снежинка	Рудная	Серицит	$T = 212 \pm 5; Sr_0 = 0.7062 \pm 0.00021$
	Рудная	КПШ	$T = 155 \pm 7; Sr_0 = 0.7052 \pm 0.0002$
Золотая Гора	Ранняя рудная	Адуляр	$T = 129 \pm 14; Sr_0 = 0.7065 \pm 0.0004$
	Поздняя рудная	Кальцит	$T = 136 \pm 18; Sr_0 = 0.7072 \pm 0.0008$
Бамское	Рудная	Серицит	$T = 129 \pm 3.6; Sr_0 = 0.7083 \pm 0.0006$
	Ранняя рудная	Серицит	$T = 131; Sr_0 = 0.7079$
	Средняя рудная	Серицит	$T = 128; Sr_0 = 0.7079$
Кировское	Поздняя рудная	Серицит	$T = 126 \pm 8.8; Sr_0 = 0.7069 \pm 0.0002$
	Рудная	КПШ	$T = 85.8; Sr_0 = 0.70877$
Ворошиловское	Рудная	КПШ	$T = 65.3 \pm 5.3; Sr_0 = 0.70852 \pm 0.00024$
Токур	Рудная	КПШ	$T = 65.3 \pm 5.3; Sr_0 = 0.70852 \pm 0.00024$
Буровое	Рудная	КПШ	$T = 65.3 \pm 5.3; Sr_0 = 0.70852 \pm 0.00024$

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ (аналитики – Ю.П. Шергина и П.Б. Лебедев).

Для отдельных месторождений имеются данные определения абсолютного возраста K-Ag и Ag-Ag методами по околорудным метасоматитам и сопровождающим золотое оруденение дайковым образованиям. В целом они совпадают с мезозойским, преимущественно меловым возрастом золоторудных месторождений, определенном рубидий-стронциевым методом. Так, по Бамскому месторождению имеются определения возраста березитизированных околорудных пород и дайки диоритовых порфиритов. Они меняются от 104 ± 12 до 129 ± 4 млн. лет, что отвечает раннему мелу (Н.В. Котов, 1993).

Для Березитового месторождения K-Ag методом получен возраст дорудной дайки метапорфиритов – 141 ± 3 млн. лет. Для грандиорит-порфиритов и гранит-порфиритов абсо-

лютный возраст меняется от 112 ± 1 до 137 ± 13 млн. лет, для пострудных спессартитов – от 107 ± 4 до 109 ± 9 млн. лет (А.С. Вах, 1989). Для этого же месторождения Л.П. Гуров приводит абсолютный возраст в 130 млн. лет, определенный калий-аргоновым методом по серицитам из зоны березитизации (Гуров, 1971). По Кировскому месторождению имеется определение абсолютного возраста в 105 млн. лет, выполненное по ортоклазу из околорудной зоны метасоматитов (Гуров, 1971).

На месторождении «Токур» К-Аг методом исследовался возраст пострудных даек диабазовых и диоритовых порфиритов (Эйриш и др., 1998). Он меняется в нешироких пределах – от 147 до 157 млн. лет, что отвечает поздней юре. Но по тем же дайкам имеется абсолютный возраст в 100 и 108 млн. лет, определенный калий-аргоновым методом (Фатьянов, Лэйер, 1995). Кроме того, калий-аргоновые определения указывают на ранне-меловой возраст околорудных метасоматитов месторождения «Токур» в пределах 112-133 млн. лет (ранний мел), а аргон-аргоновое определение возраста адуляр-кварцевого прожилка дает возраст 113,6 млн. лет (Фатьянов, Лэйер, 1995).

Определение изотопного возраста золотоносных метасоматитов месторождения «Маломир» Аг-Аг методом по монофракциям плагиоклаза показало 120.7 ± 1.5 млн. лет (Бучко и др., 2011). Изотопный возраст Моготинского месторождения, определенный $40\text{Ag}/39\text{Ag}$ методом, составляет 127-125 млн. лет (Бучко и др., 2014).

В целом, можно считать установленным, что изотопный возраст формирования золоторудных месторождений и рудопроявлений Приамурской провинции поздне-мезозойский (рис. 1.7).

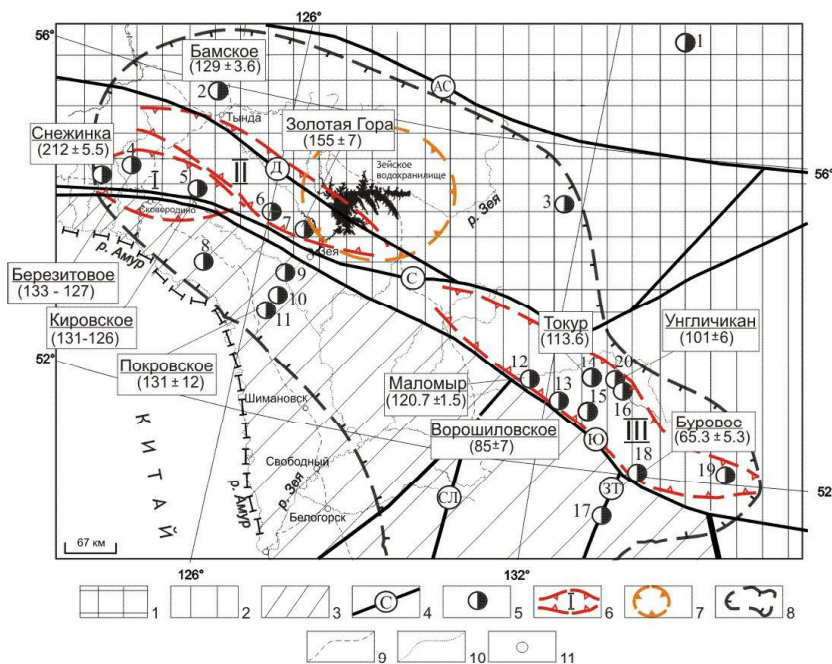


Рис. 1.7. Изотопный возраст золоторудных месторождений Приамурской провинции:

1-3 – геоблоки: Алдано-Становой, 2 – Монголо-Охотский, 3 – Амурский; 4 – разломы (АС – Алдано-Становой, С – Северо-Тукурингский, Ю – Южно-Тукурингский, Д – Джелтулакский, 3 – Западно-Туранский, СЛ – Селемджинский); 5 – месторождения золота (1 – Рябиновое, 2 – Бамское, 3 – Колчеданный Утес, 4 – Березитовое, 5 – Кировское, 6 – Успенское, 7 – Золотая Гора, 8 – Буринда, 9 – Богуликан, 10 – Пионер, 11 – Покровское, 12 – Маломир, 13 – Ворошиловское, 14 – Токур, 15 – Сагур, 16 – Албын, 17 – Иорик, 18 – Буровое, 19 – Кербинское, 20 – Унгличикан, 21 – Снежинка), в знаменателе – изотопный возраст в млн. лет; 6 – границы металлогенических зон (I – Янканская, II – Джелтулакская, III – Джагды-Селемджинская); 7 – Зeya-Гилойская структура центрального типа; 8 – контур Приамурской провинции; 9 – железные дороги; 10 – водотоки; 11 – населенные пункты

Он колеблется в интервале от позднего триаса (рудопоявление «Снежинка» – 212 млн. лет) до верхов позднего мела (месторождение «Буровое» – 65.3 млн. лет). Отрезок времени формирования золотого оруденения составляет порядка 150 млн. лет. Отмечается тенденция омоложения золоторудных месторождений и рудопоявлений с запада на восток. Для западного фланга провинции характерен раннемеловой возраст золотого оруденения (Бамское, Покровское, Кировское месторождения), в то же время возраст некоторых рудопоявлений и месторождений более древний – поздне триасовый (Снежинка) или позднеюрский (Золотая Гора). На восточном фланге провинции располагаются месторождения более молодого, от раннемелового (Токур, Унгличкан, Маломир) до поздне мелового (Ворошиловское, Буровое) возраста.

Следует отметить, что не все вопросы о возрасте золотого оруденения Приамурской провинции решены. В частности, возраст золото-серебряного рудопоявления «Соборное» Архаринского рудно-россыпного узла Туранской металлогенической зоны провинции, судя по возрасту рудовмещающих вулканитов таловской толщи, может быть позднепермским-раннетриасовым. Кроме того, не исключен докембрийский возраст ряда рудопоявлений, расположенных среди древних зон диафтореза.

1.5. Геохимическая специализация провинции

Приамурская провинция обладает ярко выраженной золотой специализацией. Кроме золоторудных месторождений и россыпей, в пределах провинции отмечаются рудопоявления полиметаллов, ртути, сурьмы, молибдена, вольфрама, олова, никеля и других металлов (Минерально-сырьевая ..., 2000). Изучение геохимической специализации провинции проведено на основе анализа распределения содержаний химических элементов в донных осадках и шлиховых минералов в аллювии водотоков (Вьюнов, Степанов, 2004). Установлено, что аномальные геохимические поля образуют золото и серебро, а также ртуть, свинец, цинк, молибден и медь, в меньшей мере – вольфрам и олово. Осевую зону провинции трассирует линейно вытянутый в субширотном направлении шлиховой ореол киновари. Рядом с ним располагаются наиболее интенсивные ореолы самородного золота, количество и интенсивность которых уменьшаются к северу и югу, от приядерной части провинции к ее периферии. Геохимические ореолы золота развиты в пределах провинции повсеместно. Ореолы серебра, свинца, цинка, молибдена и меди тяготеют к периферическим ее частям. Ореолы серебра, молибдена, отчасти свинца и цинка совместно с ореолами золота образуют линейные полосы, отвечающие металлогеническим зонам, а ореолы меди имеют площадное распространение, свидетельствующие о ее повышенном местном кларке.

* * *

Под Приамурской золотоносной провинцией понимается область поздне мезозойской коллизии геоблоков юго-восточного обрамления Сибирского кратона и Амурского композитного массива с зажатой между ними Монголо-Охотской складчатой системой. Коллизия сопровождается поздне мезозойской интрузивной и вулканической деятельностью с формированием золотого оруденения. Провинция относится к основным золотоносным провинциям России, в ней добыто около 1.3 тыс. т главным образом россыпного золота. В пределах провинции выделено 9 металлогенических зон: Южно-Якутская, Северо-Становая, Джелтулакская, Янканская, Джагды-Селемджинская, Северо-Буреинская, Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская, которые контролируются крупными региональными разломами. В пределах зон находятся рудно-россыпные узлы, реже – районы.

В провинции известно 44 мелких, средних и крупных по запасам золоторудных месторождений. Из них добыто около 180 т золота. Из россыпей провинции добыто почти 1132 т россыпного золота, в среднем из одной россыпи – 0.789 т. Преоб-

ладание доли россыпного золота в золотодобыче свидетельствует о значительных перспективах выявления новых золоторудных месторождений.

По интенсивности золотоносности и, как следствие этого, по уровню золотодобычи из рудных месторождений и россыпей выделены три части провинции: северная периферическая (Южно-Якутская и Северо-Буреинская металлогенические зоны), центральная приадресная (Джелтулакская, Янканская, Джагды-Селемджинская и Северо-Буреинская зоны) и юго-восточная периферическая (Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская зоны). На центральную часть приходится около 88.5% добычи россыпного и 99.7% рудного золота провинции.

Изотопный возраст формирования золоторудных месторождений и рудопроявлений Приамурской провинции колеблется в интервале от позднего триаса до верхов позднего мела. Отрезок времени формирования золотого оруденения составляет порядка 150 млн. лет. Отмечается тенденция омоложения золоторудных месторождений и рудопроявлений с запада на восток.

Самородное золото из россыпей относится к умеренно высокопробному (800-899‰) и (высокопробному (900-1000‰)). Оно отвечает составу золота месторождений и рудопроявлений золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций. Реже встречаемое низкопробное золото (799-700‰) образовано за счет разрушения источников золото-серебряной, в меньшей степени – золото-сульфидной формаций. Изучение геохимической специализации провинции показало, что аномальные геохимические поля образуют золото и серебро, а также ртуть, свинец, цинк, молибден и медь, в меньшей мере – вольфрам и олово.

Глава 2. ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Больше всего золоторудных месторождений и рудопроявлений содержится в центральной части провинции (Джелтулакская, Янканская, Джагды-Селемджинская и Северо-Буреинская металлогенические зоны), гораздо менее рудоносны северная (Южно-Якутская и Северо-Становая металлогенические зоны) и юго-восточная (Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская зоны) периферии провинции.

Произведен формационный анализ месторождений и ряда рудопроявлений провинции. При этом под золоторудными формациями традиционно понималась группа месторождений со сходными по составу устойчивыми минеральными ассоциациями, формирующимися в близких геологических условиях, независимо от времени образования (Константинов, 1965; 1973; Кузнецов, 1972).

При отнесении месторождений к той или иной формации учтен ряд классификаций (Линдгрэн, 1928; Захаров, 1953; Вольфсон, 1962; Радкевич, Моисеенко, 1966; Воларович, 1969; Петровская, Сафонов, Шер, 1976; Сидоров, 1984; Шило, 1981; Бородаевская, Горжевский и др., 1984; Мельников, 1984; Некрасов, 1988), основанных на различных признаках – структурных, минералогических, геохимических, метасоматических, по глубине образования, генетических и т. д. Одним из главных критериев классификации золоторудных месторождений обычно принимается уровень содержания в рудах сульфидов. Н.В. Петровская (1973) выделила группы золоторудных месторождений по величине кварц-сульфидного отношения, относящихся к убогосульфидной (сульфидов менее 1%), малосульфидной (сульфидов 1-5%) и умеренносульфидной (15-20%) золоторудным формациям. По утверждению той же Н.В. Петровской, кварц-сульфидное отношение является внешним выражением генетических различий руд золота, образованных в разных условиях.

Согласно представлениям, развиваемым А.А. Сидоровым (Сидоров, Томпсон, 1989; Сидоров, 1998), существуют ряды формаций, которые отражают эволюционно развивающуюся геохимическую дифференциацию вещества. Ряды содержат оруденение от первичных комплексных образований – базовых формаций до сравнительно простых и нередко регенерированных объектов, оторванных от месторождений базовых формаций (зачастую не вскрытых эрозией) иногда на значительные расстояния. В развитии рудно-формационного ряда каждое последующее переотложение руд увеличивает их дифференциацию с формированием определенной части жильных образований и месторождений. В качестве базовых формаций, предшествующих жильному рудообразованию, выделяются медно-молибден-порфировые, сульфидные (вкрапленных руд), олово-порфировые, колчеданные гидротермально-осадочные. Выделен так называемый золото-сульфидный ряд рудных формаций, на основе которого разработана обобщенная схема связей крупных золото-сульфидных месторождений с их жильными сателлитами. При этом большеобъемные зоны золотоносной сульфидизации в черносланцевых терригенных (в том числе метаморфизованных) толщах, обрамляющие крупные массивы гранитоидов (или очаги гранитизации), являются базовыми формациями для более мелких золото-кварцевых объектов.

В.А. Степановым выделена новая золото-ртутная формация золоторудных месторождений, из которых, наряду с золотом, попутно добывают ртуть. В нее входят такие известные месторождения как Карлин, Гетчелл, Кортес (США), Хемло (Канада), Воронцовское, Кючюс, Олимпиада (Россия). Общими для них является устойчивая минеральная ассоциация золота с минералами ртути, мышьяка, сурьмы и таллия, тонкое рассеянное в рудах золото с высоким содержанием ртути, рудоносные зоны метасоматитов преимущественно аргиллизитовой и листовитовой формаций, амагматичность (Степанов, 1993).

Исходя из перечисленных принципов формационного анализа, золоторудные месторождения Приамурской провинции отнесены нами к следующим достаточно известным и традиционным золоторудным формациям: золото-кварцевой, золото-шеелит-

кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной, золото-серебряной, золото-полиметаллической и золото-медно-молибден-порфировой (табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Золоторудные формации и крупность месторождений
Приамурской провинции**

№ п/п	Формации	Мелкие (≤ 10 т)	Средние (>10-100 т)	Крупные (>100 т)
1	Золото-кварцевая	Ледяное, Скалистое, Одолго, Успеновское, Золотая Гора, Иннокентьевское, Сагур, Тарнах, Харгинское, Афанасьевское, Ингагли, Буровое, Жильное, Лысогорское, Петровско-Еленинское, Кербинское, Токоланское	Кварцитовое, Токур, Албын	-
2	Золото-шеелит-кварцевая	Унгличикан	-	-
3	Золото-сульфидно-кварцевая	Александра, Верхнемынское, Ворошиловское, Колчедан-ный Утес, Снежинка, Ясное	Бамское, Кировское	Пионер
4	Золото-сульфидная	Осеннее	Нони, Маломыр	-
5	Золото-серебряная	Буринда, Желтунак, Базовое, Иличи Унахинские, Прогнозное	Покровское	-
6	Золото-полиметаллическая	Чагоянское, Моготинское	Березитовое	-
7	Золото-медно-молибден-порфировая	-	-	Икан, Восточное Двойное

Наиболее распространены месторождения золото-кварцевой (20 месторождений) и золото-сульфидно-кварцевой (9 месторождений) формаций. Менее распространены месторождения золото-серебряной (6 месторождений), золото-полиметаллической и золото-сульфидной (по 3 месторождения), золото-медно-молибден-порфировой (2 месторождения), и золото-шеелит-кварцевой (1 месторождение) формаций.

Золото-кварцевые месторождения провинции преимущественно мелкие, реже средние по запасам золота. Представляется весьма вероятным выявление в дальнейшем крупных и, возможно, уникальных по запасам месторождений типа Наталкинского Центрально-Колымской провинции или Мурунтау Западно-Гянь-Шаньской. При доизучении крупным месторождением этого типа с бедными рудами может быть Токур.

Месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации меньше, чем золото-кварцевой. Среди них находятся не только мелкие и средние по запасам золота, но и крупное месторождение «Пионер», запасы которого значительно больше прочих месторождений провинции. В связи со сложностью извлечения золота из первичных золото-сульфидно-кварцевых руд отработка месторождения «Пионер» ограничена зоной окисления. После доразведки к крупным может присоединиться Бамское золото-сульфидно-кварцевое месторождение. В перспективе крупные месторождения этого типа могут играть существенную роль в золотодобыче.

Месторождения золото-серебряной формации представлены средним по запасам Покровским месторождением и мелкими (Буринда, Желтунак, Базовое, Иличи Унахинские и Прогнозное). Покровское месторождение в значительной степени отработано.

Особое место занимает крупное по запасам золота золото-медно-порфировое месторождение «Икан» (Боргуликан). Содержание золота в рудах низкое. Освоение его может быть рентабельным при комплексном извлечении меди, молибдена и золота.

Основное количество рудного золота до сих пор добывалось из месторождений золото-кварцевой (Токур, Албын, Кварцитовое, Золотая Гора), золото-сульфидно-кварцевой (Пионер, Кировское), золото-серебряной (Покровское), золото-полиметаллической (Березитовое) и золото-сульфидной (Маломыр) формаций. Примерно по 30% от золотодобычи приходится на месторождения золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-серебряной формации, около 10% – золото-полиметаллической. Доля золота золото-сульфидной формации, добываемого из месторождения «Маломыр», невелика. Например, в 2014 г. рудное золото Приамурья было извлечено из месторождений «Пионер» (9.3 т), «Албын» (5.7 т), «Березитовое» (4 т), «Кварцитовое» (2.9 т) и «Покровское» (0.8 т), т.е. главным образом из месторождений золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой и золото-полиметаллической формаций.

Произведен также формационный анализ 426 наиболее изученных рудопроявлений золота, принадлежность других к той или иной формации определить на данном этапе их изученности затруднительно. Формационный спектр рудопроявлений шире, чем известных месторождений (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Формации рудопроявлений золота Приамурской провинции

Формации	Доля рудопроявлений в отдельных частях провинции, %		
	Северная	Центральная	Юго-восточная
Золото-кварцевая	60.3	53.8	8.1
Золото-сульфидно-кварцевая	10.8	15.3	24.3
Золото-сульфидная	2.5	4.6	-
Золото-серебряная	13.9	6.6	21.6
Золото-полиметаллическая	6.1	6.1	13.5
Золото-медно-молибден-порфи́ровая	4.6	3.0	-
Золото-ртутная	-	2.6	13.5
Золото-сурьмяная	-	1.5	2.7
Золото-редкометаллическая	-	5.0	-
Золото-конгломератовая	0.5	0.5	-

В целом в пределах провинции значительно преобладают рудопроявления золото-кварцевой формации (52.8% от общего количества). Значительную долю составляют рудопроявления золото-сульфидно-кварцевой (14%), золото-серебряной (11.2%) и золото-полиметаллической (6.8%) формаций. Это коррелирует с распространенностью месторождений тех же формаций. К редко встречающимся отнесены рудопроявления золото-медно-молибден-порфи́ровой (3.5%), золото-сульфидной (3.2%), скарновой (3.2%), золото-ртутной (2.3%), золото-редкометаллической (1.1%), золото-сурьмяной (0.9%) и золотоносной конгломератовой (0.46%) формаций. Среди них новыми являются золото-полиметаллическая, золото-ртутная, золото-сурьмяная, золото-редкометаллическая, скарновая, а также формация золотоносных конгломератов. Наличие рудопроявлений этих типов указывает на возможность выявления при последующих геологоразведочных работах и месторождений новых для провинции формаций.

Выявлены закономерности в размещении рудопроявлений определенных формаций в различных частях Приамурской провинции. Так, в северной и центральной ее частях преобладают рудопроявления золото-кварцевой формации, а в юго-восточной – золото-сульфидно-кварцевой и золото-серебряной. Количество золото-кварцевых рудопроявлений уменьшается с севера на юг, а золото-сульфидно-кварцевой и золото-полиметаллической увеличивается в том же направлении. Представители золото-серебряной формации преобладают в периферических частях провинции, что определяет

снижение в них пробы россыпного золота. Рудопроявления слабо изученных золото-ртутной и золото-сурьмяной формаций шире распространены на юго-восточном фланге провинции.

* * *

В Приамурской провинции наиболее широко развиты месторождения и рудопоявления золото-кварцевой формации, определяющие не только металлогенический профиль провинции, но и ее россыпеобразующий потенциал. Золото-кварцевые месторождения, рудопоявления и образованные за их счет россыпи преобладают в центральной части провинции. Объекты следующей по значимости золото-сульфидно-кварцевой формации распространены в пределах провинции более равномерно. Крупные месторождения этой формации известны как в центральной (Пионер), так и в северной (Бамское) частях провинции, а рудопоявления преобладают в южной. Объекты золото-серебряной формации располагаются большей частью в южной (Покровское, Буринда, Желтунак, Базовое, Прогнозное) и северной (ряд перспективных рудопоявлений) частях провинции и приурочены, соответственно, к вулканическим поясам. Месторождения и рудопоявления других формаций присутствуют в меньших количествах и имеют второстепенное значение.

Глава 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ

Золото-кварцевая формация объединяет месторождения с существенно кварцевыми рудами, представленными кварцевыми жилами и зонами прожилкового окварцевания. Большая часть месторождений этой формации располагается среди терригенных, так называемых черносланцевых толщ палеозойского и мезозойского, реже – докембрийского возраста. Связь оруденения с конкретными магматическими образованиями весьма проблематична. Содержание сульфидов в рудах до 5%. Золото находится преимущественно в свободной форме, оно нередко крупное, до самородков. Месторождения с преобладающим золото-кварцевым составом руд, как известно, легкообогатимы простейшими методами. Они характеризуются наличием свободного золота. С сульфидами связана небольшая часть золота, не влияющая существенно на технологию обогащения руд.

Месторождения рассматриваемой формации служат поставщиком в россыпи не только основной массы золота, но и самородков и их гнезд. Наиболее крупное скопление самородков было выявлено в Ясенском рудно-россыпном узле Северо-Буреинской металлогенической зоны Приамурской провинции, в россыпи по ручью Каракатица, правому притоку р. Гарь-2. Здесь было обнаружено гнездо самородков общим весом около 79 кг, самый крупный из них весил 6990 г (рис. 3.1).

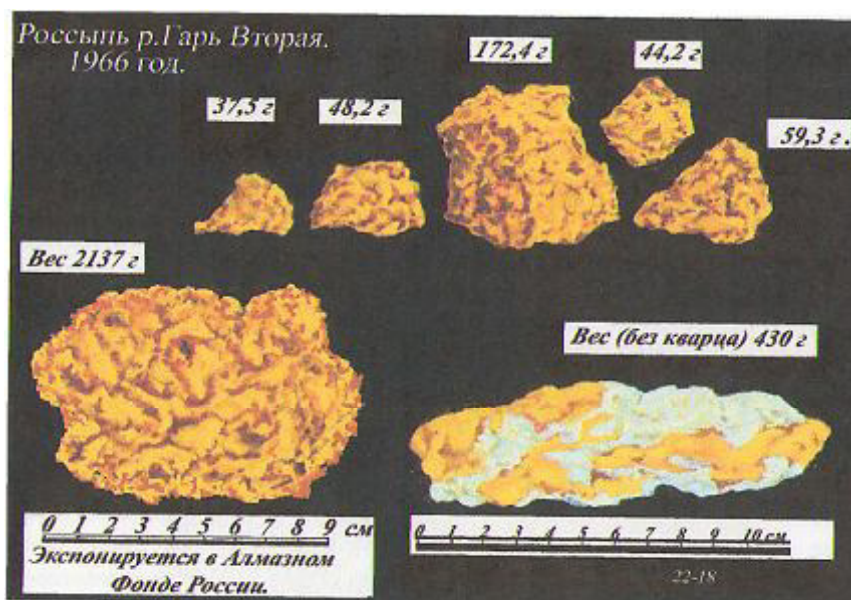


Рис. 3.1. Характерные самородки золота из россыпи Гарь-2 (Родионов, 2008).

Самородки представляли собой неокатанные обломки жильного кварца, пронизанного крупными выделениями высокопробного (992‰) золота. Очевидно, данные самородки в сростках с кварцем представляли собой единое золото-кварцевое гнездо, по общему весу золота близкое к самому крупному в мире самородку «Плита Холтермана» (Австралия), масса которого вместе с кварцем составляла 235.5 кг, золота – 83.2 кг.

Многочисленные месторождения золото-кварцевой формации Приамурской провинции преимущественно мелкие, три из них средние – по запасам золота (Токур, Албын и Кварцитовое). Крупным может быть месторождение «Токур» при подтверждении ресурсов зоны золотоносных сульфидно-кварцевых метасоматитов с низким средним содержанием золота. Близко к золото-кварцевым и небольшое месторождение «Унгличкан» золото-шеелит-кварцевой формации, Описание его приведено в этой главе.

Вертикальная зональность оруденения золото-кварцевой формации в Приамурье изучена слабо. Поэтому при определении эрозионного уровня месторождений нами использована схема вертикальной зональности золото-кварцевого оруденения

Центрально-Колымской провинции, во многом схожей с Приамурской (Степанов, 2001). При составлении этой схемы были приняты данные П.Ф. Иванкина, выделявшего фронтальную, среднюю и прикорневую части рудной колонны (Атлас..., 1973). В основу схемы положены закономерные изменения с глубиной ряда свойств золото-кварцевых месторождений: структурно-морфологические типы рудных тел, состав руд и околорудно-измененных пород, золото-серебряное отношение в рудах, состав и золотоносность сульфидов, типоморфные особенности самородного золота и его проба, а также температуры гомогенизации газовой-жидких включений в кварце. Наиболее характерным элементом, определившим принадлежность золото-кварцевого оруденения к той или иной части рудной колонны, принята проба самородного золота, постепенно уменьшающаяся с глубиной изученных месторождениях Центральной Колымы. Средний градиент уменьшения пробы золота с глубиной составил около 16‰ на 100 м. С долей условности принято, что для прикорневой части рудной колонны характерна проба золота ниже 750‰, для средней – 750-850‰, а для фронтальной – 850-950‰ и выше. Вертикальный размах золото-кварцевого оруденения оценивался в 2 км (рис. 3.2).

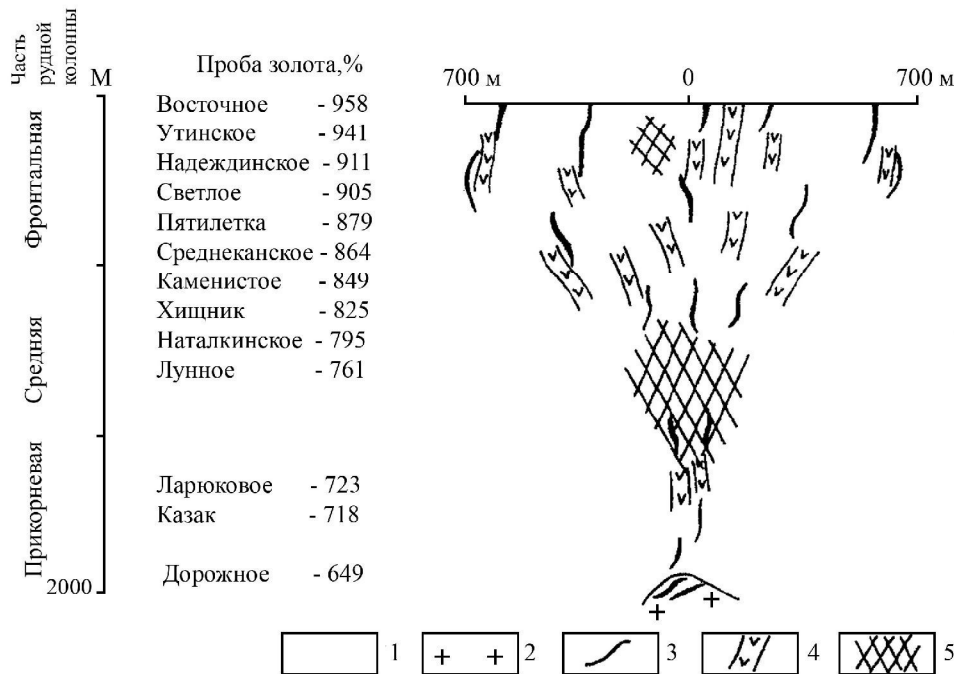


Рис. 3.2. Модель вертикальной зональности золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы (Степанов, 2001):

1 – терригенные толщи верхоянского комплекса; 2 – гранитоиды; 3 – кварцевые жилы; 4 – оруденелые дайки; 5 – прожилково-вкрапленные зоны.

Фронтальная часть рудной колонны является зоной рассредоточенного золотого оруденения. По данным П.Ф. Иванкина, она вмещает 10-15% запасов месторождений, а основное количество золота содержится в средней ее части (Атлас..., 1973).

Подтверждая это положение, наиболее крупные и уникальные месторождения Центральной Колымы (Наталка, Дегдекан, Павлик и др.) расположены в средней части рудной колонны.

По аналогии с месторождениями Центральной Колымы в Приамурской провинции нами выделены фронтальная, средняя и прикорневая части рудной колонны месторождений золото-кварцевой формации (табл. 3.1).

Таблица 3.1

**Вертикальная зональность месторождений золото-кварцевой формации
Приамурской провинции**

№ п/п	Месторождения	Проба золота (%), в скобках – средняя	Элементы-примеси (г/т)	Источник
Фронтальная часть рудной колонны				
1.	Золотая Гора	927-997 (965)	Cu – 740, Fe – 150, Sb – 6, Hg – 3, Mn – 1	Неронский, 1998; Степанов, 2000
2.	Буровое	929-987, редко 714	-	Степанов и др., 2015
3.	Скалистое	952-962	Cu, Pb, Mo	Моисеенко Эйриш, 1996
4.	Петровско-Еленинское	941-959 (951)	-	Рожков, 2002
5.	Одолго	940-950	-	Мельников, Степанов, 2014
6.	Жильное	933-954 (943)	-	Рожков, 2002
7.	Лысогорское	930	-	Моисеенко, Эйриш, 1996
8.	Токоланское	930 (872-966), золото из россыпи	-	Мельников, Степанов, 2014
9.	Ледяное	909-937	-	Мельников, Степанов, 2015
10.	Кербинское	917 (867-949), золото из россыпи	-	Мельников, Степанов, 2014
11.	Успенское	909 (862-936), золото из россыпи	-	Мельников, Степанов, 2014
12.	Афанасьевское	889-922 (907)	Hg – 800, Fe – 250, Cu – 360, Sb – 26, Te – 190, As – 95	Неронский, 1998
13.	Харгинское	850-910, редко 610-636	Hg – 3083, Pb – 310, Te – 200, As – 164, Cu – 131, Sb – 47, Pt – 1.2	Серебрянская и др., 2010, Неронский, 1998
Средняя часть рудной колонны				
14	Албын	760-912 (880-895)	Hg – до 2.81%, Cu до 0.051%, Sb – доли %, Pb, Zn – сотые и десятые доли %	Серебрянская и др., 2010
15	Тарнах	797 (730-850), золото из россыпи	-	Мельников, Степанов, 2014
16	Иннокентьевское	785	-	Мельников, Степанов, 2014
17	Унгличikan	770 (663-980)	-	С.В. Сомов, 1990
18	Кварцитовое	700-870 (778)	Hg до 3%, Cu до 2%, As до 1%	Пересторонин, 2005
19	Сагур	721-775 (754)	Hg – 1110, Te – 800, As – 189, Pb – 55, Cu – 25, Pt – 15	Неронский, 1998
Прикорневая часть рудной колонны				
20	Ингагли	715-750 (733)	-	Неронский, 2008
21	Токур	673-803 (726)	Hg – 1503, Te – 474, Pb – 390, As – 320, Sb – 30, Pt – 22	Неронский, 2008

Примечание: для месторождений «Токоланское», «Кербинское», «Успенское» и «Тарнах» принята проба золота из головок россыпей, берущих начало в пределах площади месторождений.

3.1. Месторождения фронтальной части рудной колонны

В этой части рудной колонны располагаются тринадцать золоторудных месторождений провинции: Золотая Гора, Буровое, Скалистое, Петровско-Еленинское, Одолго, Жильное, Лысогорское, Токоланское, Ледяное, Кербинское, Успенское, Афанасьевское, Харгинское. Они мелкие по запасам золота.

Месторождение **«Золотая Гора»** находится в Золотогорском рудно-россыпном узле Джелтулакской металлогенической зоны, в верховьях р. Хугдер. Оно открыто старателями и обрабатывалось с 1917 г. по 1949 г. Добыто около 2 т золота. Оруденение локализуется среди толщи биотитовых, двуслюдяных гнейсов и амфиболитов, приурочено к

зоне диафтореза и окварцевания северо-западного простирания. Длина зоны 3 км, мощность – 200 м. Гнейсы и золотоносные кварцевые жилы прорваны позднемезозойскими дайками микродиоритов, фельзит-порфириров и сиенит-порфириров (рис. 3.3).

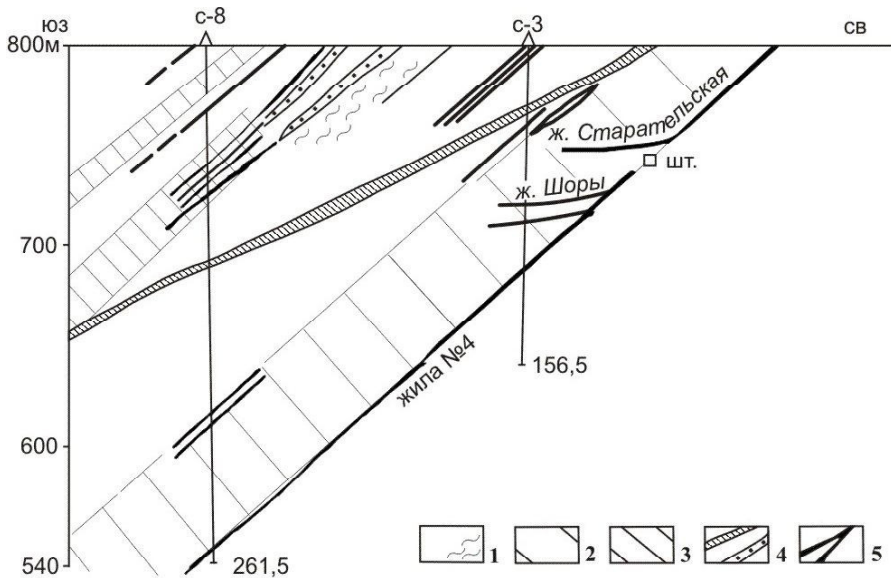


Рис. 3.3. Разрез месторождения «Золотая Гора» (Г.К. Цивелев, 1960):

1 – биотитовые и двуслюдяные гнейсы с зонами диафторитов; 2 – пакки переслаивания гнейсов и амфиболитов; 3 – биотит-амфиболовые гнейсы и амфиболиты; 4 – дайки микродиоритов (а), фельзитов и сиенит-порфириров (б); 5 – золоторудные жилы.

В лежачем боку зона вмещает 6 согласных и секущих кварцевых, карбонатно-кварцевых и кварц-полевошпатовых жил мощностью 0.3-0.6 м. Жилы состоят из стекловидного кварца, полевого шпата, содержат прожилки и линзы кальцита, включения обломков вмещающих пород. Вмещающие породы в контактах с жилами серицитизированы, окварцованы и сульфидизированы. Среди рудных минералов в жилах преобладает пирит (5-15%), реже встречаются пирротин, халькопирит, галенит, молибденит и золото. Золото – мелкой и средней крупности, иногда встречались небольшие самородки. Форма его комковидная, таблитчатая, каплевидная, дендритовидная, нитевидная, октаэдрическая, со сглаженными углами и ребрами. Проба его высокая (927-997‰, среднее из 15 анализов – 965‰), в качестве примесей в нем содержатся (в г/т): Cu – 740, Fe – 150, Pb – 6, Hg – 3, Mn – 11 (Неронский, 1998). Происхождение каплевидных зерен с оплавленными краями, вероятно, связано с влиянием тепла пострудных интрузий на руды, содержащие сростки золота с галенитом. При этом происходило «выгорание» галенита и возникновение в результате диффузии на контакте зерен системы золото-свинец. Низкая температура эвтектики этой системы (215°) приводила к ее плавлению (Степанов, 1978).

Верхняя часть месторождения до глубины 25-40 м расположена в зоне интенсивного окисления. Продукты окисления с богатым золотом (до 1.5 кг/т) накапливались в полостях, образуя линзы и карманы. Эта охристая сыпучка являлась основным объектом добычи. Из охристых гнезд добывались крупные зерна золота и небольшие (до 1.5 г) самородки. Кроме того, обрабатывались наиболее богатые участки кварцевых и карбонатно-кварцевых жил с видимым золотом, а местами и вмещающие окварцованные диафториты. Повышенные содержания золота приурочены к участкам жил на контактах с амфиболитами и графитсодержащими гнейсами. Содержание золота в окисленных рудах достигало 20 и даже 60 кг/т. Содержание золота в первичных рудах – до 4.9 г/т (жила № 4), максимум – 7.1 г/т (жила «Шоры»).

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb-Sr-методом в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на приборе МИ-1201Т. Анализу подвергались полевые шпаты из золотоносных жил. В результате получена изохрона с возрастом 155 ± 7 млн. лет, что соответствует границе киммериджского и оксфордского веков верхнеюрской эпохи (Степанов, 1995).

Месторождение «**Буровое**» расположено в Софийском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на левом берегу руч. Канак, левого притока р. Ольги, в 3 км от пос. Софийск. Оно открыто в 1899 г. во время отработки россыпи руч. Канак (рис. 3.4).

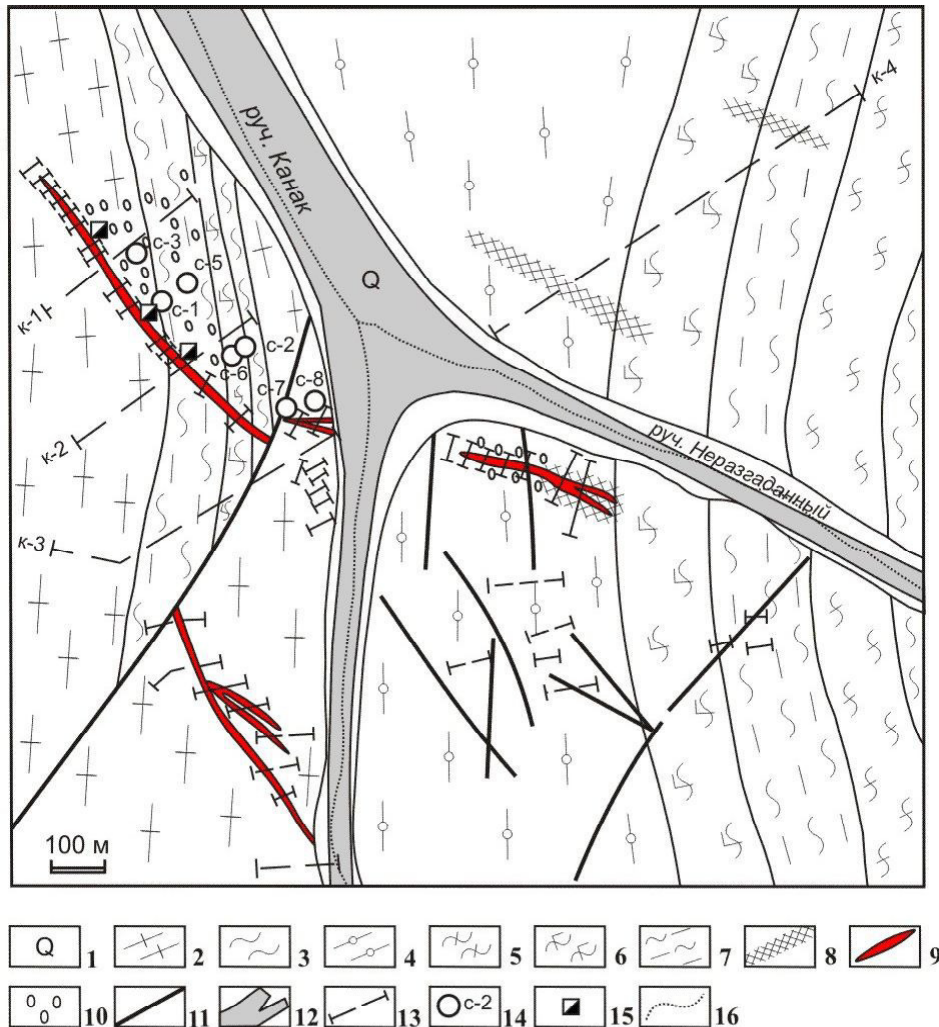


Рис. 3.4. Месторождение «Буровое» (Рожков, 2002):

1 – современные аллювиальные отложения (пески, галечники, валунники); 2 – черные филлитовидные углеродистые сланцы; 3 – зеленовато-серые хлорит-серицит-кварцевые сланцы; 4 – серые рассланцованные песчаники; 5 – кварцитовидные сланцы; 6 – зеленые кварц-альбит-хлоритовые сланцы и массивные зеленокаменные породы; 7 – черные филлитовидные углеродистые сланцы с прослоями углеродистых метапесчаников; 8 – метасоматическое окварцевание; 9 – кварцевые жилы; 10 – прожилковое окварцевание; 11 – разломы; 12 – россыпи золота; 13 – линии канав; 14 – буровые скважины и их номера; 15 – уклоны; 16 – водотоки.

Эксплуатировалось с 1899 г. по 1901 г., с 1914 г. по 1927 г. и с 1930 г. по 1932 г. Затем месторождение было законсервировано из-за низкого извлечения золота. Район месторождения сложен черными графитистыми филлитами, рассланцованными песчаниками, зелеными эпидот-хлоритовыми и кварц-серицитовыми сланцами олгинской

толщи нижнекембрийского возраста. Они имеют почти меридиональное простирание, с падением на запад под углом 20-25°. Сланцы содержат многочисленные секущие и пластовые жилы кварца. Пластовые жилы содержат редкую вкрапленность пирита и не имеют практического значения. Их пересекает главная золотоносная жила «Буровая». Мощность жилы – 0.35-1.5 м, в среднем – 0.7 м. Она прослежена по простиранию на 820 м и выработана до глубины 60 м. Кварц жилы массивный, часто брекчиевой текстуры с примесью калиевых полевых шпатов (2-3%), серицита (до 1%). Из рудных минералов в кварце содержатся арсенипирит (1-3%), молибденит, пирит, золото, халькопирит и галенит. Золото мелкое, проба его преимущественно высокая (929-987‰), примеси золота низкой пробы (714‰) свидетельствуют о наличии двух генераций золота. Содержание золота в жиле – 8-106 г/т. Содержание серебра достигало 21.7 г/т.

Изотопный возраст месторождения, определенный Rb-Sr методом по отобраным из руд калиевым полевым шпатам и серициту в лаборатории ВСЕГЕИ (аналитик Ю.П. Шергина), составляет 65.3±5.3 млн. лет, что отвечает границе маастрихта и дания (Пискунов, Степанов, 2005). По данным разведки 1947-1948 гг. (М.И. Щемелинин, 1948), запасы золота в жиле «Буровая» в труднообогатимых рудах составляют 1041 кг, а в пригодных для амальгамации – 534 кг (Р.М. Тоноян, 1965).

Месторождение «Скалистое» находится в Каларском рудно-россыпном узле Южно-Якутской металлогенической зоны, на правобережье верхнего течения р. Тас-Юрях. Площадь его слагают гнейсы и кристаллические сланцы нижнего архея, прорванные гранитами древнестанового комплекса раннего архея (рис. 3.5).

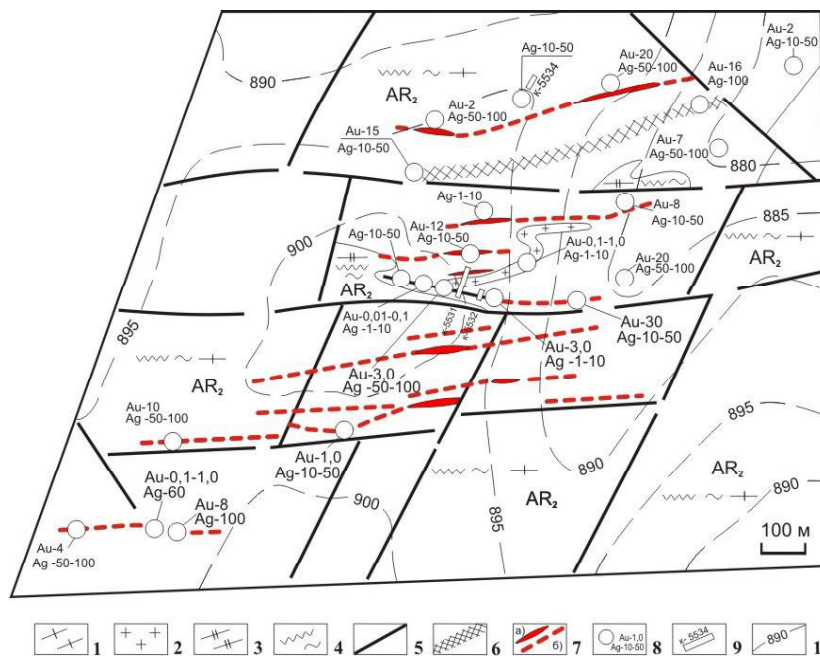


Рис. 3.5. Месторождение золота «Скалистое» (В.В. Кошеленко и др., 1991):

1 – 4 – нижний архей: 1 – гнейсоплагиограниты мелко-среднезернистые (первая фаза); 2 – лейкограниты (вторая фаза); 3 – гнейсы биотитовые (становой комплекс); 4 – бластомилониты эпидот-амфиболовой фации; 5 – разломы; 6 – зоны прожилкового окварцевания; 7 – кварцевые жилы: а) установленные; б) предполагаемые; 8 – штучные пробы с содержанием Au и Ag (г/т); 9 – канавы и их номера; 10 – изогипсы высот, м.

Рудные тела представляют собой малосульфидные кварцевые жилы и зоны прожилкового окварцевания близширотного простирания, согласного со сланцеватостью вмещающих пород. Канавами вскрыто несколько десятков кварцевых жил и зон окварцевания. Мощность жил – от 0.2 до 3.0 м (в среднем 0.5 м), протяженность – 40-250 м. Содержания в них золота – 0.4-1.5 г/т. Рудные тела имеют длину до 100 м при средней

мощности 0.7 м и среднем содержании золота 15 г/т. Одной из канав вскрыта зона прожилкового окварцевания гнейсов мощностью 6 м, при среднем содержании золота 16.9 г/т, серебра 26.2 г/т. Зона представляет собой прожилки и линзы будинированного кварца (размеры будин до 0.5x0.2 м) с редкой вкрапленностью галенита, пирита, халькопирита и золота. Запасы золота по категории C_2 – 1.1 т, прогнозные ресурсы по категории P_1 – 1.6 т. Прогнозные ресурсы по категории P_2 Скалистого рудного поля оценены в 24 т (А.В. Евласьев и др., 1993) или 50 т (Л.В. Эйриш, 1992).

Месторождение «*Петровско-Еленинское*» расположено в пределах Софийского рудно-россыпного узла Дажгды-Селемджинской зоны, в верховьях р. Агды, в 9 км от прииска Софийского. Эксплуатировалось штольной до 1917 г. Площадь месторождения сложена графит-кварц-сланцевыми сланцами с пачками кварц-полевошпатовых. Сланцы окварцованы и сульфидизированы, часто содержат пластовые прожилки кварца до 5 см мощности. Месторождение разделено на два участка: Петровский и Еленинский. На первом развиты кварцевые жилы сложной формы с раздувами и пережимами. Основная жила («Главная») прослежена на 480 м при мощности от 1-2 см до 1.4 м в раздувах; на глубину разведана на 30 м. Жила сложена кварцем двух генераций с постоянно присутствующими арсенопиритом и реже – пиритом. В кварце II генерации встречается вкрапленность галенита, сфалерита и золота. Проба золота меняется в невысоких пределах – от 941 до 959‰, среднее по 13 анализам – 951 (Рожков, 2002). Кроме того, на Петровском участке отмечались антимонитовые и кварц-антимонитовые прожилки (В.А. Буряк, 1990). Главная жила сопровождается маломощными жилами: Параллельной, Новой, Промежуточной. Содержание золота по жиле «Главная» колеблется от следов до 26 г/т. Запасы золота по ней на глубину 25 м по категории В составляли 15.5 кг, по категории C_1 – 90.6 кг. На участке «Еленинский» имеются две золотоносные жилы, прослеженные на 120 м и 145 м. Мощность жил 0.1-1.1 м. Рудные минералы представлены арсенопиритом, пиритом, редко – халькопиритом, сфалеритом, галенитом и золотом. Содержание золота в рудном кварце 0.5-76 г/т. Во вмещающих породах также содержится золото до 56 г/т (М.И. Щемелинин, 1946). Запасы по категории C_2 оцениваются в 132.8 кг (Э.П. Хохлов, 1971).

Месторождение «*Одолго*» расположено в пределах Уркиминского рудно-россыпного узла Желтулакской металлогенической зоны, на правом берегу приустьевой части р. Одолго. Оно приурочено к западному контакту штокообразного массива гранитов и плагиогранитов раннего протерозоя с метапесчаниками и слюдястыми сланцами, а также биотитовыми гнейсами и кварцитами желтулакской толщи позднего архея (рис. 3.6).

В экзоконтакте массива породы желтулакской толщи превращены в диафториты, представленные кварц-мусковитовыми, кварц-биотит-мусковитовыми метасоматитами по гнейсам и метапесчаникам. Редко наблюдаются кварцевые жилы мощностью до 2 м. Простираение горизонта диафторированных пород северо-восточное – субмеридиональное. Ширина его выхода составляет 300-500 м, мощность порядка 200 м. В пределах горизонта диафторированных пород выделено три рудных тела. Они представлены сложной формы залежами кварц-серицит-мусковитовых метасоматитов, часто с вкрапленностью титаномагнетита, прожилками и линзами гранулированного кварца, иногда с видимым золотом. В плане рудные тела имеют удлиненно-линейную, лентовидную форму и вытянуты в меридиональном направлении. В разрезе они также имеют линзовидно-пластообразную форму с раздувами и пережимами. Границы рудных тел выделены по данным опробования.

Основными рудными минералами являются: самородное золото, титаномагнетит, пирит, пирротин, ильменит и лимонит.

Самородное золото находится в сростках с кварцем, титаномагнетитом, пиритом, пирротинном и лимонитом. Крупные золотины размером 0.5-0.9 мм, составляющие 20% от общего количества, имеют пластинчато-овальные формы. Более мелкие золотины размером 0.1-0.2 мм и мельче имеют комковато-угловатые, конкрециевидные, иногда сфероидальные и пластинчатые формы. Проба золота высокая – 940-960‰.

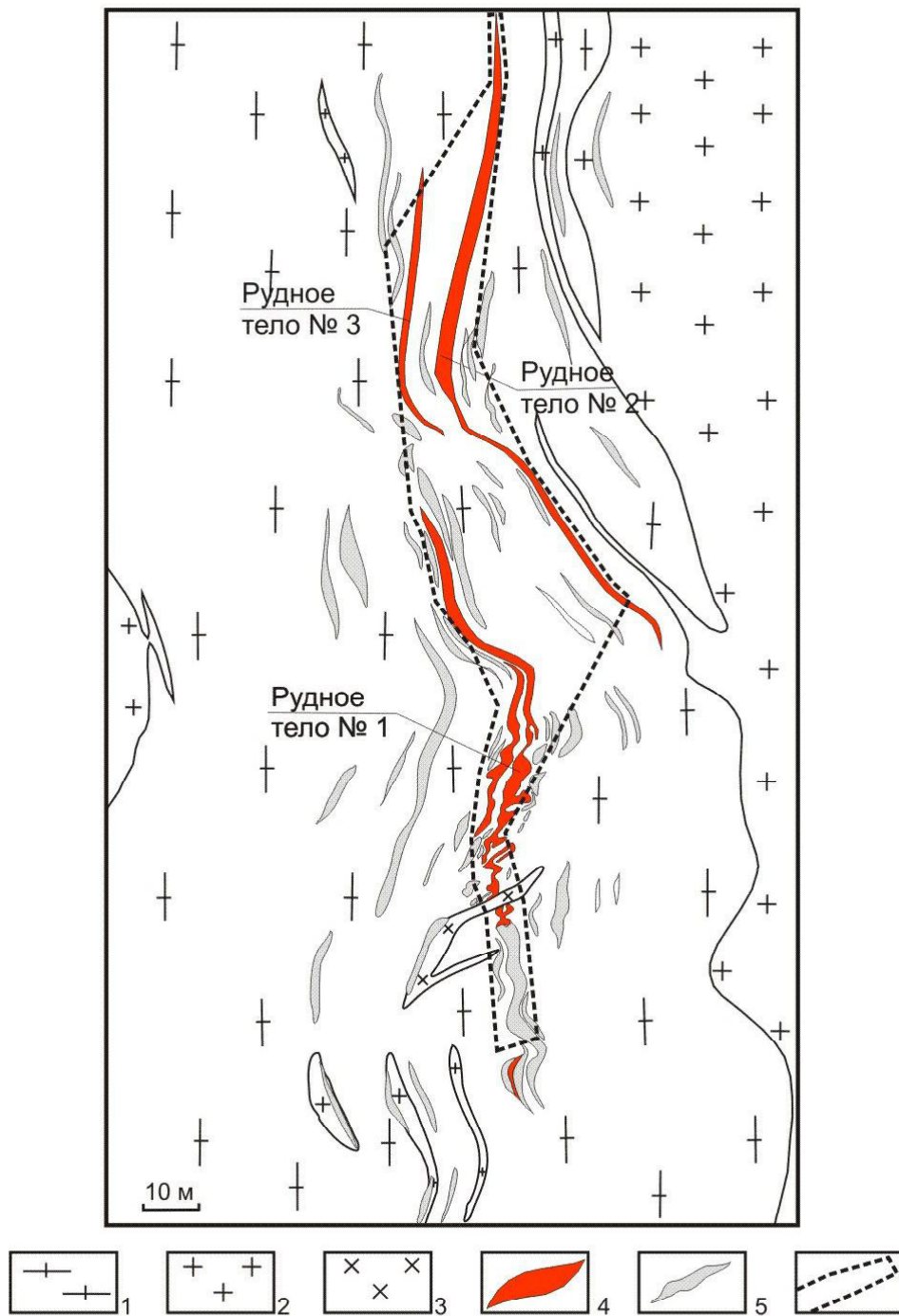


Рис. 3.6. Геологическое строение месторождения «Одолго»
(О.А. Деменко, 2004):

1 – желтулакская серия нерасчлененная: метапесчаники, нередко превращенные в биотитовые гнейсы; 2 – раннепротерозойские биотитовые, биотит-роговообманковые порфировидные граниты и плагииграниты; 3 – раннемеловые дайки гранит-порфиров; 4 – промышленные рудные тела; 5 – некондиционные золотосодержащие тела; 6 – контур продуктивной зоны.

По данным фазового анализа, 88% золота находится в свободной форме (размером 0.5-0.9 мм) и 12% – в виде тонкой (0.1-0.2 мм) вкрапленности в кварце. Содержание золота в бороздовых, керновых и штуфных пробах составляет в среднем 3.5 г/т, иногда достигает 192 г/т. Другие элементы находятся в следующих количествах: Вi – до 134.7 г/т, Cu – 1.3-45.6 г/т, Pb – 0.9-26.6 г/т, Zn – 9.0-1300 г/т, As – 17.3 г/т и Sb – 2.2 г/т, S – менее 0.005%, что свидетельствует о почти полном отсутствии сульфидов. Отмечается высокое содержание Fe общего (до 10-15%), что объясняется наличием ильменита, титаномагнетита и магнетита. Оруденение отнесено к типу минерализованных залежей золото-кварцевой формации.

По рудным телам № 1, 2 и 3 подсчитаны запасы категории C_2 в количестве 175 тыс. т руды и 725.7 кг золота. Прогнозные ресурсы по категории P_1 составляют 290 кг, P_2 – 1650 кг. В 2007-2009 гг. месторождение обрабатывалось карьером, добыто 157.6 кг золота.

Месторождение «*Жильное*» расположено в Софийском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе руч. Канак и Дмитриевский, в 5 км от пос. Софийского. Оно известно до 1917 г. и частично обрабатывалось до 1932 г. На месторождении развиты графит-кварц-слюдяные сланцы с прослоями слюдястых кварцитов и зеленых сланцев олгинской толщи. Рудные тела представлены массой кварцевых линз, ветвящихся жил и прожилков, мощностью 2-20 см. Разведано и частично эксплуатировалось рудное тело мощностью 0.6-0.7 м и длиной 400 м. Оруденение гнездовое, неравномерное, во вмещающих породах – вкрапленное. Рудные минералы – молибденит, пирит, арсенопирит и золото, реже – халькопирит. Проба золота меняется от 933 до 954‰, среднее по 17 анализам – 943‰ (Рожков, 2002). В.В. Онихимовский (1951) указывал, что содержание золота в кварцевых жилах месторождения равно 30-40 г/т. В 15 пробах, проанализированных методом плавки, золото содержалось в количестве 12-77 г/т, при среднем 35 г/т (С.С. Карагодин, 1932). Запасы золота по категории C_2 составляют 363 кг (Э.П.Хохлов, 1971).

Месторождение «*Токоланское*» расположено на западном фланге Кербинского узла Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в верховьях р. Керби (рис. 3.7). Месторождение открыто в 1939 г. Оно приурочено к системе одноименных разломов, ограничивающих с северо-запада Кербинский горст, и представлено золоторудными кварцевыми жилами, залегающими среди рассланцованных песчаников и филлитизированных глинистых сланцев позднего триаса (Б.Г. Тишков, 1955; Д.А. Тимофеевский, 1954, 1956).

Вмещающие породы смяты в узкие опрокинутые складки близширотного простирания. Кварцевые жилы секут слои и простираются в восток-северо-восточном направлении, при близвертикальном падении. На месторождении широко развиты дайки диоритовых, диабазовых порфиритов и микродиоритов, с которыми парагенетически связывается золотое оруденение (Д.А. Тимофеевский, 1956). Наиболее детально изучена жила № 1. Она прослежена на 540 м, при средней мощности от 0.34 до 0.82 м и раздувами до 2.5 м. По падению мощность жилы не меняется. Рудный кварц молочно-белый, реже сероватый, обычно сильно деформированный, часто с включениями обломков вмещающих пород, примесью хлорита и серицита. В виде прожилков в молочно-белом встречается мозаичный кварц II генерации, иногда с вкрапленностью шеелита, арсенопирита, пирита, редко – халькопирита, сфалерита и галенита. Содержание в кварце сульфидов 1-5%. Золото образует неправильные либо округлые выделения, величиной от десятых долей до 2 мм. Содержание золота неравномерное, иногда достигает 790 г/т, в среднем по жиле – 10 г/т. Запасы золота месторождения оценены по категории C_2 в 700 кг (Забродин, 2006).

Месторождение «*Лысогорское*» расположено в пределах Софийского рудно-россыпного узла Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе ключей Канак и Дмитриевский, в 5 км от прииска Софийского. Известно до 1917 г. и частично обрабатывалось до 1932 г. В геологическом отношении имеет сходный характер с месторождением Жильным.

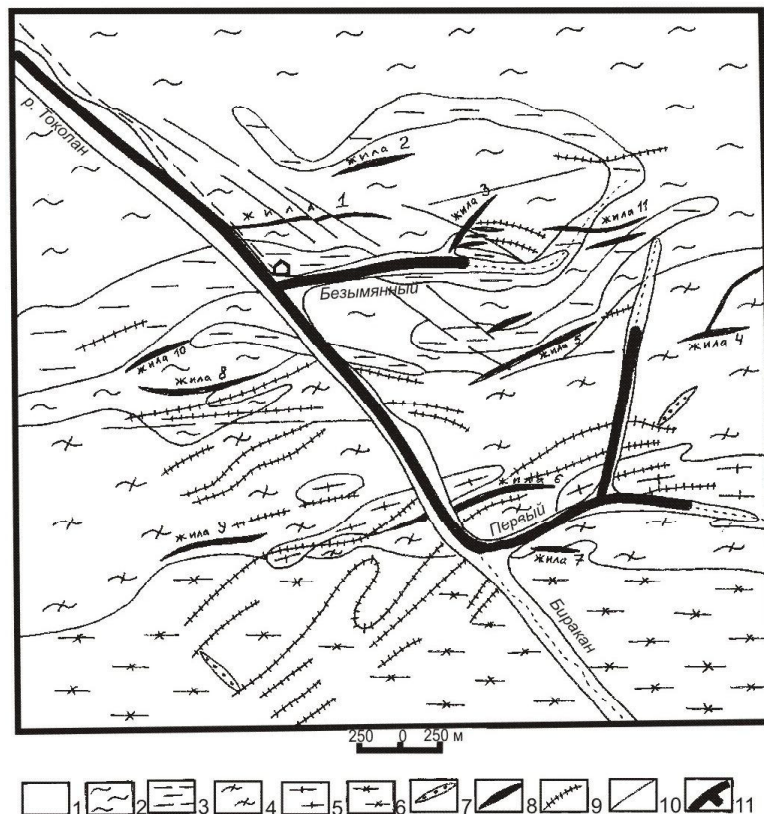


Рис. 3.7. Токоланское золоторудное месторождение
(Д.А. Тимофеевский, Р.В. Разумова, 1957):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – филлиты и филлитизированные глинистые сланцы; 3 – рассланцованные песчаники и филлитизированные песчано-глинистые сланцы; 4 – филлиты, глинистые и песчано-глинистые сланцы; 5 – рассланцованные песчаники и глинисто-песчаные сланцы; 6 – кварц-альбит-серицитовые, кварц-альбит-хлоритовые, глинисто- и песчано-кварц-альбит-серицитовые сланцы; 7 – дайки микродиоритов и диорит-порфиритов; 8 – золотоносные кварцевые жилы, секущие сланцеватость; 9 – зоны кварцевых жил, вытянутых вдоль сланцеватости; 10 – разломы; 11 – россыпи золота.

На нем также развиты графит-кварц-слюдяные сланцы олгинской толщи. Отмечается дайка березитизированных керсантитов, изотопный возраст которой, определенный К-Аг методом, равен 82 млн. лет (И.К. Билан и др., 1971). На месторождении выявлена зона ожелезненных и сульфидизированных пород протяженностью 1200 м и мощностью 17-58 м. Кварцевые жилы и прожилки длиной 1-15 м при мощности 0.2-50 см образуют штокверк. Вмещающие породы интенсивно окварцованы и пиритизированы. Из рудных минералов отмечаются арсенопирит, пирит, золото, редко – молибденит, халькопирит, пирротин и галенит. Содержание золота в зоне штокверка – до 1 г/т. Наиболее богатая золотом жила имеет мощность 18 см и содержание 46 г/т. По простиранию она выклинивается через 10-15 м. Запасы золота по категории C_2 составляют 459 кг (Э.П. Хохлов, 1971).

Месторождение «Ледяное» находится в пределах Каларского рудно-россыпного узла Южно-Якутской металлогенической зоны, на водоразделе рек Тас-Юрях и Илин-Сала. На месторождении выявлено более 60 четковидных кварцевых жил с золотой минерализацией (рис. 3.8). Они залегают в рассланцованных, диафторированных анортозитах и габбро. Мощность жил 0.2-0.5 м (редко – до 4 и более метров в раздувах), протяженность – десятки и первые сотни метров, единичных – до 2 км.

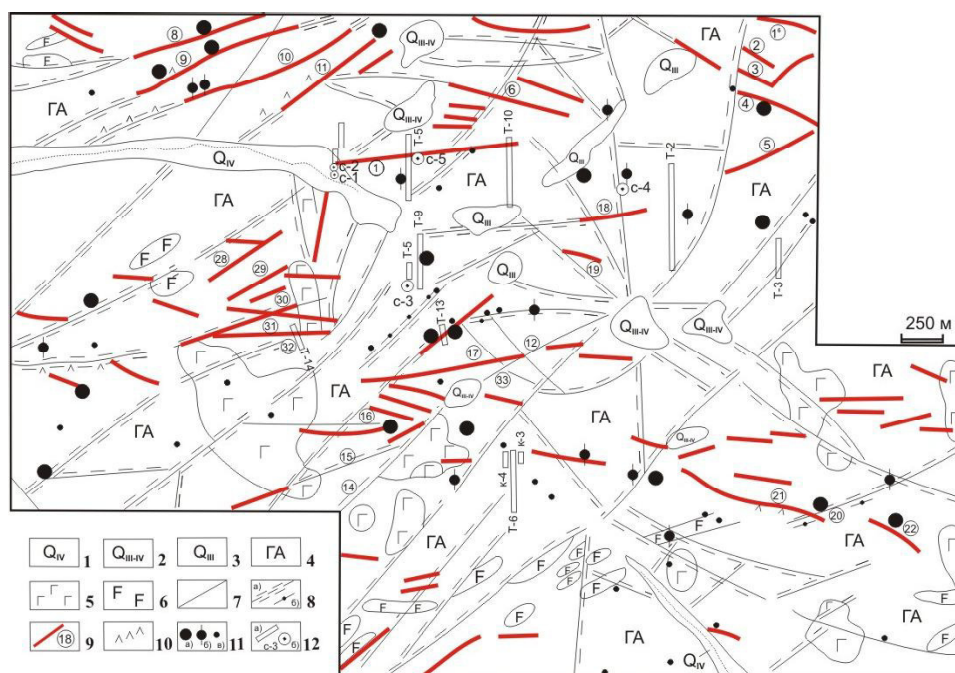


Рис. 3.8. Месторождение золота «Ледяное» (А.В. Евласьев и др., 1993):

1 – современное звено: аллювиальные глыбы, гравий, пески; пролювиальные глыбы, валуны, щебень; 2 – верхнее-современное звено: делювиально-солифлюкционные щебень, суглинки, супеси; 3 – верхнее звено: аллювиальные галька, пески; 4 – олекмо-каларский комплекс: метаморфизованные габбро и андезиты; 5 – габбро; 6 – зоны лимонитизации; 7 – разломы; 8 – а) зоны расланцевания, б) зоны бластомилонитов; 9 – кварцевые жилы и их номера; 10 – кварц-карбонатные жилы; 11 – бороздовые и штупные пробы с содержанием золота: а) более 10 г/т, б) 1.0-9.0 г/т, в) 0.1-0.9 г/т; 12 – горные выработки: а) каналы и их номера, б) скважины и их номера.

Простираение жил субширотное (преобладает), субмеридиональное и северо-западное. Кварц белого цвета, «сливной» и кристаллический. Установлены три стадии минералообразования: ранняя кварц-сульфидная (кварц, пирит, арсенопирит); средняя сульфидная (сфалерит, галенит, халькопирит); поздняя карбонатная (кварц, кальцит, доломит). Содержание сульфидов в рудах не превышает 1-5%, очень редко достигает 15%. Основная масса золота отлагалась, видимо, в сульфидную стадию. Золото в рудах свободное, развивается по трещинкам в кварце и пирите. Величина выделений 0.01-0.9 мм, до 1-2 мм, иногда крупнее, проба высокая (909-937‰). Среднее содержание золота 5.6 г/т. Встречаются богатые жилы с видимым золотом и содержанием до 100 г/т. Из сопутствующих компонентов в рудах присутствуют серебро (до 10 г/т) и медь (до 0.1-0.2%). В трех пробах установлены содержания платины 0.03-0.1 г/т. Золоторудные кварцевые жилы сопровождаются метасоматитами березит-лиственитового и кварц-серицит-хлорит-карбонат-пиритового состава. Месторождение относится к золото-кварцевой формации. Запасы золота по категории C_2 – 1745 кг, прогнозные ресурсы по категории P_1 при глубине прогнозируемого оруденения в 220 м составляют 8 т. Прогнозные ресурсы по категории P_2 рудного поля оценены в 57 т (А.В. Евласьев и др., 1993) или в 150 т (Л.В. Эйриш, 1992).

Месторождение «Кербинское» расположено в восточной части Кербинского узла Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в верховьях р. Семитка. Вмещающие породы – филлиты и сланцеватые песчаники поздне триасового возраста, слагающие крыло антиклинальной складки, наклоненное на ЗСЗ под углом 30-60°. На месторождении выявлены 44 кварцевые жилы, из которых 5 разведаны детально (рис. 3.9). Жилы преимущественно близогласные со слоистостью вмещающих пород. Они прослежены по простираению на расстояние от 10 до 150 м, а на глубину – до 14 м.



Рис. 3.9. Кербинское золоторудное месторождение
(Н.А. Михалевский др., 1979):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – альбит-серицитовые, серицит-альбитовые сланцы; 3 – серицит-альбит-кварцевые, альбит-серицит-кварцевые, альбит-серицитовые сланцы, песчаники, алевропелиты; 4 – граниты; 5 – разломы; 6 – зоны прожилкового окварцевания с кварцевыми жилами; 7 – штупные пробы с содержанием золота более 1г/т; 8 – шлиховые пробы из делювия с содержанием золота до 0.3 г/м³; 9 – россыпи золота; 10 – штольня.

Выделяется три типа кварцевых жил: наиболее ранние – маломощные (1-5 см) согласные прожилки (альпийского типа) ноздреватого кварца; более молодые – мощные жилы (0.8-1.5 м), также согласные, образованы молочно-белым кварцем; золотоносные жилы III генерации, мощностью 0.1-0.3 м, сложены светло-серым кварцем, часто с видимым золотом и редкой вкрапленностью арсенопирита, пирита, галенита и сфалерита. Золото образует тончайшие прожилки, пленки, дендриты, зерна с максимальным весом до 7 г. Содержание золота в жилах от «следов» до 275 г/т, в среднем по месторождению – 10 г/т. Разведанные запасы отнесены к забалансовым (Забродин, 2006).

Месторождение «Успенское» расположено в Успенском рудно-россыпном узле Желтулакской металлогенической зоны, в долине р. Малый Джуваскит (рис. 3.10). Оно открыто в 1917 г. старателями-корейцами при отработке золотоносной россыпи.

В правом борту долины встречены сильно окварцованные гнейсы с видимым золотом, что послужило началом эксплуатационных работ на рудное золото. До 1928 г. месторождение эксплуатировалось золотопромышленником Недоносковым, а с 1928 г. по 1931 г. – трестом «Союззолото». По разным оценкам, добыто от 400 до 1000 кг металла. В 1931 г. на месторождении производились ревизионные работы. Среди рассланцованных роговообманково-биотитовых гнейсов была выделена рудоносная зона окварцованных, серицитизированных и пиритизированных пород. Мощность ее 40, длина 200 м. Вблизи лежачего бока зоны проходит линзовидная кварцевая жила мощностью до 1 м. Золото в жиле крупное, высокопробное. Среднее содержание золота по жиле 30 г/т, иногда – до 70 г/т.

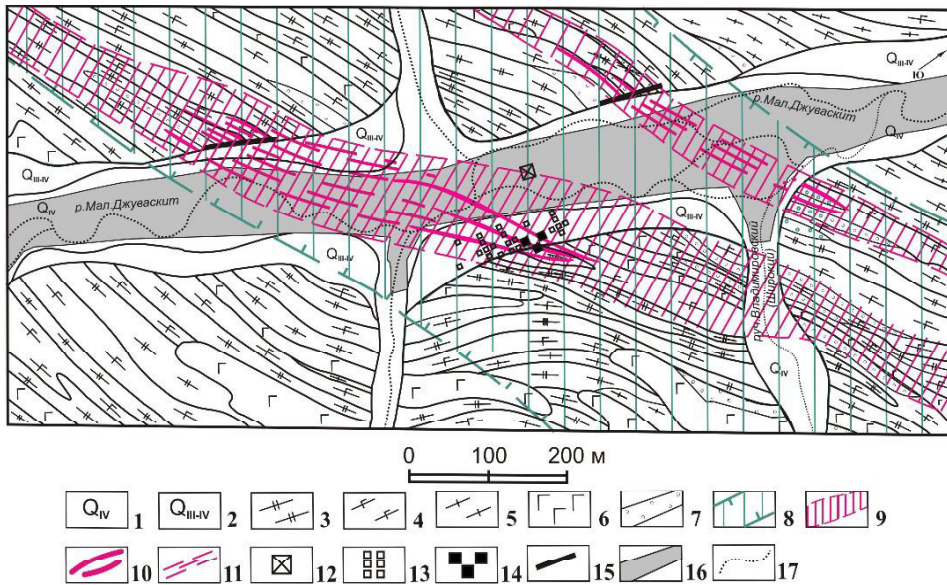


Рис. 3.10. Успенское золоторудное месторождение по (С.Г. Агафоненко и др., 2008):

1 – четвертичные аллювиальные отложения пойм; 2 – четвертичные аллювиальные отложения террас; 3 – биотитовые, роговообманково-биотитовые гнейсы и амфиболиты с прослоями высокоглиноземистых гнейсов; 4 – биотитовые гнейсы с прослоями гранат-биотитовых, гранат-дистен-биотитовых гнейсов и линзами амфиболитов; 5 – кристаллические сланцы; 6 – метаморфизованные габбро, габбро-амфиболиты, серпентинизированные гипербазиты; 7 – метасоматические кварциты; 8 – зоны интенсивного рассланцевания, дробления и катаклаза; 9 – зоны интенсивного проявления кремне-калиевого метасоматоза с окварцеванием, серицитизацией, эпидотизацией и сульфидизацией; 10 – кварц-карбонат-полевошпатовые жилы и зоны прожилкового окварцевания с сульфидной минерализацией; 11 – проектируемые под четвертичными отложениями кварц-карбонат-полевошпатовые жилы; 12 – место расположения бывшей ЗИФ, 13-15 – горные выработки: 13 – шахты, 14 – глубокие разведочные шурфы, 15 – канавы и расчистки; 16 – россыпь; 17 – водотоки.

Вмещающие жилу сильно окварцованные гранат-биотитовые сланцы содержат до 40 г/т золота.

В 1935-1936 гг. месторождение разведывалось Золотогорским приисковым управлением (В.Н. Кондрашенко и др., 1970). Было пройдено три линии шурфов глубиной 4-6 м с последующей подземной сбойкой между шурфами в линии. Выявлен ряд кварцевых и кварц-полевошпатовых жил, минерализованных крупными гнездами пирита с содержанием золота до 54 г/т. По состоянию на 01.01.1936 г. был произведен ориентировочный подсчет запасов (273.3 кг золота при среднем содержании 12 г/т). Месторождение изучено недостаточно, минерализованная золотоносная зона не вскрыта на полную мощность. На ее продолжении в юго-восточном направлении, на правом борту долины р. Малый Джуваскит, ниже устья руч. Хрустальный, обнаружены разработки делювиальной россыпи золота (Ю.П. Скатынский и др., 1962). Прогнозные ресурсы месторождения оцениваются по категории P_2 в 12 т золота (С.Г. Агафоненко и др., 2008). В настоящее время на месторождении проводятся поисково-оценочные работы.

Месторождение «Афанасьевское» расположено в Харгинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе руч. Афанасьевский и Ивановский, правых притоков р. Большая Эльга. Месторождение открыто в 1901 г. компанией Ельцова – Левашова. В 1945-1948 гг. старателями эксплуатировались три золотоносных жилы, добыто около 130 кг золота. Месторождение приурочено к полю развития кварц-серицит-альбитовых сланцев афанасьевской свиты нижнего палеозоя (рис. 3.11).

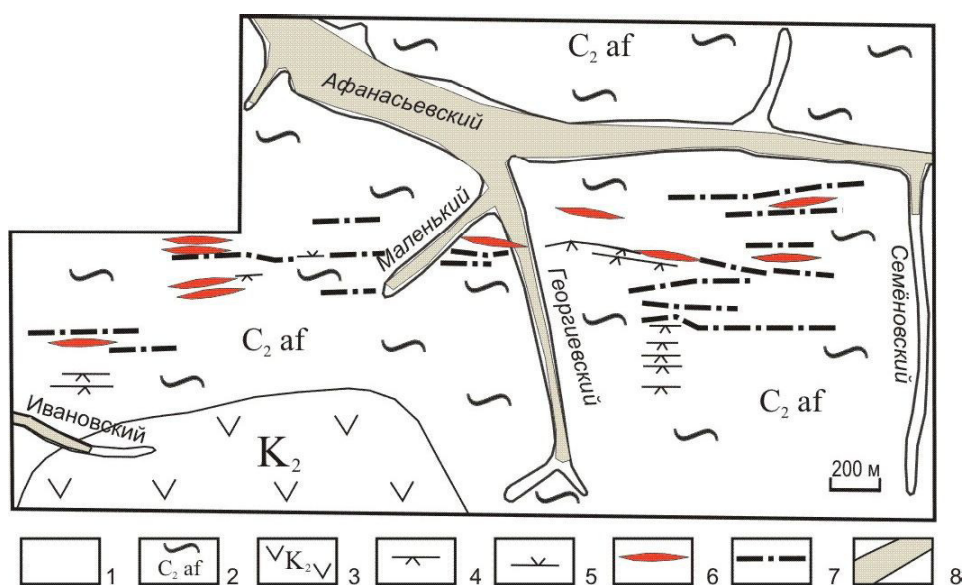


Рис. 3.11. Афанасьевское золоторудное месторождение
(А.А. Лушей и др., 1987):

1 – аллювиальные отложения квартера; 2 – кварцево-сланцевые сланцы афанасьевской свиты; 3 – андезиты; 4 – дайки андезитов позднего мела; 5 – дайки диоритов и диоритовых порфиров позднего мела; 6 – золотоносные кварцевые жилы; 7 – рудоносные альбит-хлорит-карбонат-кварцевые метасоматиты; 8 – россыпи золота.

Месторождение представлено серией сближенных минерализованных зон дробления, выполненных брекчиевидным сульфидно-кварцевым материалом, иногда переходящих в серию кварцевых линз. По простиранию золотоносные зоны прослежены на 200-700 м при ширине 70-170 м и на глубину – до 76 м. Падение зон южное. Содержание золота в руде от «следов» до 124 г/т, среднее на участках отработки – 26 г/т. Руда состоит из кварца, альбита, серицита и карбонатов. Содержание сульфидов достигает 3-5%. Среди рудных минералов отмечаются золото, арсенопирит, пирит, галенит, шеелит, антимонит и сфалерит. Проба золота высокая (870-922‰). Элементы-примеси в золоте: ртуть (0,08%), железо (0,025%), медь (0,036%), сурьма (0,0026%), теллур (0,019%), мышьяк (0,0095%), платиноиды (до 3 г/т). Околорудные породы окварцованы, альбитизированы и серицитизированы. На восточном фланге месторождения, в верховьях руч. Афанасьевский, выявлены вторичные ореолы рассеяния золота с содержаниями 0,002-0,8 г/т. В пределах одного из них в штучных пробах из облоков кварца установлены содержания золота до 3 г/т. Золото мелкое (до 1 мм), форма выделений пластинчатая и чешуйчатая. Проба – 870-910‰. Прогнозные ресурсы золота месторождения до глубины 100 м по категории P_1 составляют около 1 т, категории P_2 – 4 т (С.Г. Агафоненко и др., 2002).

Месторождение «Харгинское» расположено в одноименном рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в верховьях руч. Догалдын. Оно известно с 1901 г., до 1955 г. разведывалось и эксплуатировалось. Всего добыто 6.8 т золота и 5.7 т шеелита. Площадь месторождения сложена сланцами афанасьевской свиты нижнего палеозоя и песчано-глинистыми породами талыминской свиты нижнего карбона. Интрузивные породы представлены многочисленными дайками диабазовых и диоритовых порфиров (рис. 3.12).

Рудоносными являются многочисленные золото-кварцевые и золото-шеелит-кварцевые жилы и залежи золотоносных кварц-альбитовых метасоматитов. Рудные жилы залегают преимущественно в зеленокаменных породах эльгоканского горизонта, в графитовых сланцах верхов афанасьевской свиты и в талыминских метапесчаниках, а кварц-альбитовые породы – в мелкозернистых альбит-сланцевых кварцевых сланцах афанасьевской свиты.

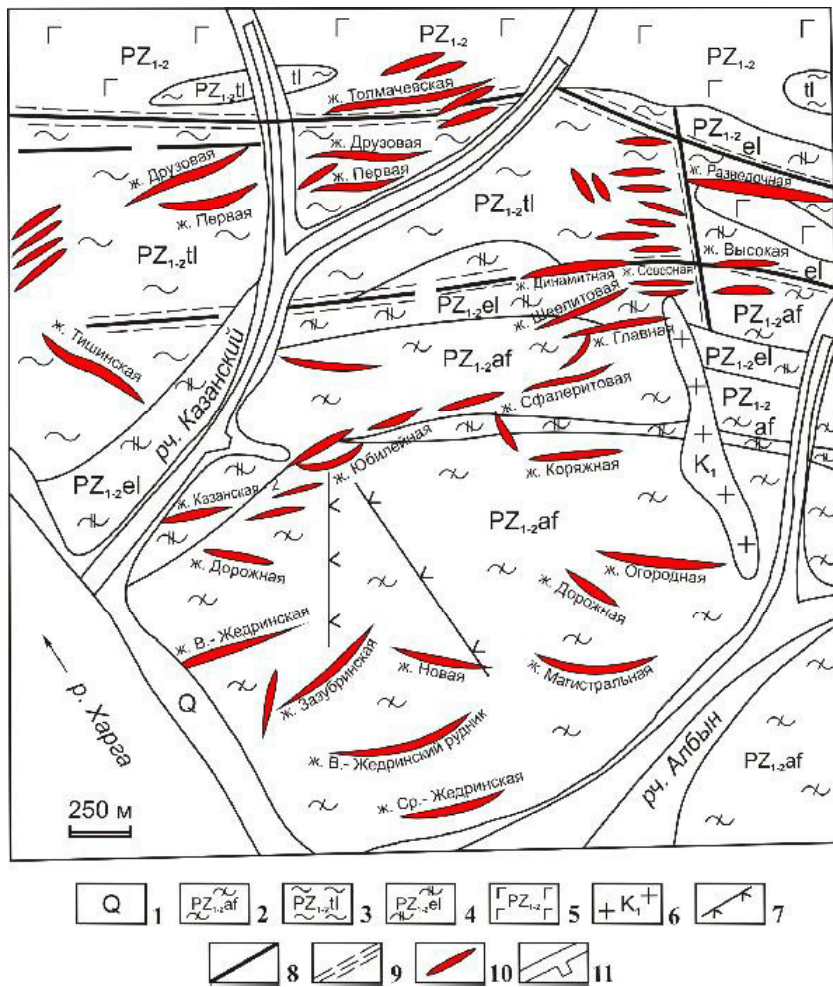


Рис. 3.12. Харгинское золоторудное месторождение (А.А. Лушей и др., 1987):

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – афанасьевская свита: альбит-биотитовые, альбит-биотит-мусковитовые, альбит-кварц-биотитовые, альбит-мусковитовые сланцы; 3 – талыминская свита: сланцы серицитовые, филлиты, зеленые сланцы, известняки; 4 – эльгинский горизонт: эпидот-хлорит-актинолитовые, амфиболовые сланцы, диабазы; 5 – габбро-плаггиогранитный златоустовский комплекс; 6 – кварцевые диоритовые порфириты; 7 – дайки лампрофиров и спессартитов; 8 – разломы; 9 – зоны трещиноватости и дробления; 10 – золотоносные кварцевые жилы; 11 – россыпи золота.

Дайки пересекают золотоносные кварцевые жилы и содержат иногда ксенолиты золотоносного кварца. Поздние кварц-карбонатные прожилки пересекают дайки, местами порфириты сильно карбонатизированы. Поэтому дайки могут быть как пострудными, так и внутрирудными. Изотопный возраст дайки кислых порфировых пород составляет 89 млн. лет (О.Ф. Шишканова, 1970). Мощность рудных жил изменяется от 0.1 до 1.3 м, длина достигает первых сотен метров, иногда до 1-1.2 км.

Основные рудные тела месторождения – Шеелитовая, Главная, Южная, Сфалеритовая и Тишинская жилы – тяготеют к системе близширотных сбросов в центральной части месторождения. На севере месторождения находятся Разведочная, Пионер, Первая, Третья и Друзовая жилы.

Рудные жилы имеют массивное и брекчиевое строение, широко проявлены параллельно-полосчатые и друзовидные текстуры. На 95-97% рудные жилы сложены кварцем. Наиболее распространенный рудный минерал в жилах – арсенипирит. Пирит встречается редко, а пирротин, халькопирит, сфалерит, блеклая руда и галенит – еще реже.

Золото выделялось в две стадии. Первая связана с ранними сульфидами и кварцем-I, проба его низкая - 636‰, а вторая – с поздними сульфидами, проба его 850-910‰. Раннее золото тонкозернистое с характерными каплевидными формами, а позднее – более крупнозернистое, приобретает форму трещинок и пустот, которые заполняет. Часты сростки золота с арсенопиритом. Наиболее характерны комковидно-угловатые и друзово-губчатые формы золота, встречаются хорошо ограненные кристаллы, самородки (до 300 г) и сростки золота с арсенопиритом. Средние содержания золота в промышленных рудных жилах – 9-27 г/т.

Судя по глубине промышленных разработок, рудные столбы залегают неглубоко. Лишь жилы «Шеелитовая» и «Главная» отработаны до глубин 320 и 180 м, соответственно. В основном же глубина эксплуатационных работ не превышала 10-30 м (Первая, Друзовая, Пологая, Разведочная и другие жилы), в то же время по простиранию жилы отрабатывались на сотни метров. В.Г. Моисеенко и И.И. Фатьянов (1978) объясняют это вторичным обогащением руд в зоне окисления. Например, в жиле «Третья» содержание золота на глубинах до 100 м – 20-50 г/т, а у поверхности – 380 г/т. Соответственно, снизу вверх увеличилась проба золота – от 833 до 915‰. Попутно с золотом из жил Шеелитовой и частично Главной добывался шеелит. Среднее содержание золота в руде – 28 г/т. С глубиной содержание его не уменьшается. На участках, богатых шеелитом, золото почти отсутствует. Запасы золота по категории C₂ составляют 0.44 т, прогнозные ресурсы по категориям P₁ – 12 т, P₂ – 11.5 т.

3.2. Месторождения средней части рудной колонны

В этой части рудной колонны располагаются пять месторождений золото-кварцевой формации (Албын, Тарнах, Иннокентьевское, Кварцитовое и Сагур) и одно золото-шеелит-кварцевой (Унгличикан). Из них Албын и Кварцитовое средние по запасам золота, остальные – мелкие.

Месторождение «**Албын**» расположено в Харгинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в верховьях руч. Албын, к юго-востоку от пос. Златоустовск.

Вмещающими породами служат метаморфизованные в зеленосланцевой фации породы афанасьевской свиты раннего палеозоя, слагающие Эльгоканскую купольную структуру, а также субсогласные тела метабазитов златоустовского комплекса позднего карбона. По сланцам и метабазитам развиты тела альбитовых и хлорит-полевошпатовых золотоносных метасоматитов (рис. 3.13).

Золотоносная зона месторождения в виде субширотной дугообразно изогнутой полосы прослеживается на 5-6 км от р. Харга на западе, через верховья ручьев Албын и Маристый – на востоке. Ширина ее на западном фланге около 350–700 м (Ю.П. Цыпуков и др., 1985). Дугообразная зона отчетливо приурочена к Албынскому «горизонту» зеленокаменно измененных метабазитов основного состава, которые субсогласно залегают среди сланцев афанасьевской свиты. Рудные тела локализуются в слюдисто-кварц-альбитовых метасоматитах (альбититах), выполняющих зоны смятия и дробления, ориентированные по сланцеватости пород. Они представлены пологонаклонными пластообразными, лентообразными, линзообразными этажно расположенными залежами. Протяженность отдельных рудных тел по простиранию меняется от нескольких десятков до нескольких сотен метров и более. Меридиональными разломами (Дайковый и Меридиональный) Албынская рудная зона разделена на три части: западную, центральную и восточную (рис. 3.13).

Проекция продуктивности рудных тел на горизонтальную плоскость отражена на рис. 3.14.

Основные запасы золота месторождения сосредоточены в центральной части Албынской золотоносной зоны, где находятся две пачки альбититов – верхняя и нижняя. Между ними – прослой безрудных сланцев.

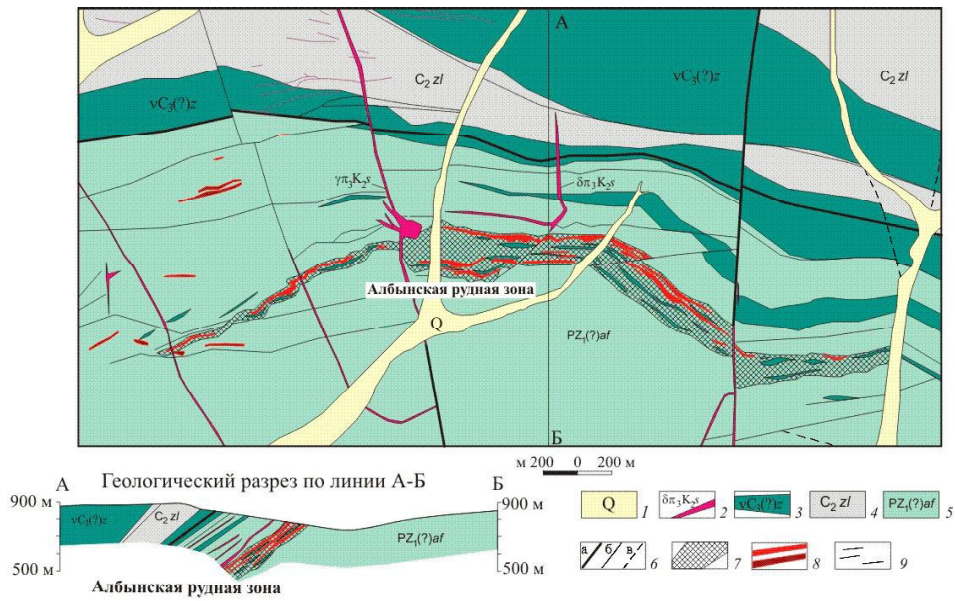


Рис. 3.13. Геологический план месторождения золота «Албын» (Малышев, Лазарев, 2013) с изменениями:

1 – аллювиальные отложения; 2 – позднемиоценовые дайки диорит-порфиров, гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров селитканского комплекса; 3 – габбро, габбро-диабазы метаморфизованные; 4 – златоустовская свита (углеродистые кварц-серицитовые сланцы); 5 – афанасьевская свита (мусковит-кварц-альбитовые сланцы); 6 – разломы: а – главные, б – второстепенные, в – предполагаемые; 7 – зона альбититов; 8 – золоторудные тела; 9 – золотоносные кварцевые жилы.

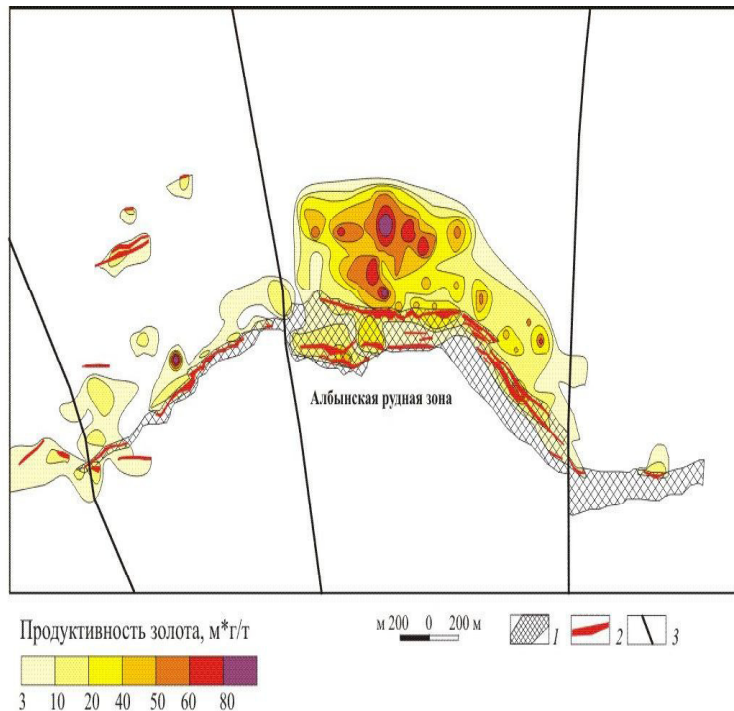


Рис. 3.14. Проекция на горизонтальную плоскость значений продуктивности золотого оруденения месторождения «Албын»:

1 – контур золотоносной зоны альбититов; 2 – золоторудные тела; 3 – разломы.

В альбититах оконтурено 8 рудных тел. Наиболее продуктивным является рудное тело № 1, залегающее в кровельной части верхней пачки альбититов. В общем балансе запасов доля рудных тел центральной части Албынской зоны составляет около 90-95 %, из них на рудное тело № 1 приходится около 55%. По падению оно прослежено до глубины 390 м. В верхней пачке метасоматитов залегают еще три рудных тела. Нижняя пачка альбититов содержит четыре рудных тела. Рудные тела, за исключением одного, выходят на поверхность. За счет пологой волнистой складчатости рудовмещающих метасоматитов на небольших участках отмечается падение отдельных интервалов рудных тел под углами 50–60° (при общем падении 15–40°). Выклинивания с глубиной рудных тел центральной части Албынской зоны не установлено.

Западная часть Албынской золотоносной зоны отделена от центральной дайковым разломом север-северо-восточного простирания, залеченным дайкой гранит-порфиров позднемелового возраста. Здесь в пределах залежи альбититов выделено лентообразное рудное тело. Доля западного блока Албынской зоны в общем балансе запасов составляет порядка 5%.

Восточная часть Албынской рудоносной зоны смещена относительно центральной по меридиональному разлому на 130–140 м. Оруденение убогое, представлено двумя маломощными линзовидными рудными телами. Доля восточной части в общем балансе запасов составляет около 0.3%.

В разрезе рудные тела Албынской золотоносной зоны имеют уплощенные пластообразные или линзовидные сечения, иногда с пологими плавными седловидными, корытообразными и флексурными перегибами. Они сложены слюдисто-кварц-альбитовыми метасоматитами с сетью кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков и жилков разной мощности (от нитевидных до 5-10 см). Прожилки обычно тяготеют к светлоокрашенным метасоматитам.

В приконтактных частях рудных тел золотоносная минерализация зачастую переходит в хлоритовые зеленовато-серые метасоматиты и измененные метабазиты. Эти породы содержат золотое оруденение в случае залегания в виде прослоев внутри светлоокрашенных кварц-альбитовых метасоматитов. В единичных случаях сульфидно-кварцевые прожилки выходят за пределы метасоматических тел альбититов в сланцы афанасьевской свиты.

Второй, менее распространенный тип оруденения, представлен минерализованными зонами дробления в западной части месторождения. Простирание их аналогично простиранию послонных рудных тел Албынской зоны, но падение противоположное – в южном и юг-юго-восточном направлениях, под углами 25–50°. Всего установлено 13 линзообразных рудных тел этого типа, большинство из них выходят на поверхность. Минерализованные зоны дробления содержат обломки золотоносного жильного кварца, а также тонкосетчатое кварц-сульфидное прожилкование, наложенное на дробленный материал. Оруденение сопровождается березитизацией. Альбититовых изменений, характерных для рудных тел 1-го типа, не установлено. Золотоносные зоны дробления секут рудные тела первого типа, иногда смещая их, т.е. являются более поздними. Параметры оруденения (мощности, содержания золота) сходны с рудными телами Албынской зоны, при значительно меньшей протяженности как на глубину, так и по латерали.

Мощность рудных тел месторождения «Албын» составляет 0.5-32 м, при средней мощности около 7 м. Максимальная мощность (32 м) отмечается в рудном теле 1 центрального участка, минимальная (0.5 м) – в секущем рудном теле «Сухоложское-2». Содержания золота в рудных телах преимущественно бедные, распределение содержаний относительно равномерное. Максимальное содержание золота (4.95 г/т) отмечено в рудном теле «Сухоложское-2». Среднее содержание золота в рудных телах центральной и западной частях рудной зоны составляет 2.2 г/т, в восточной – 3.1 г/т. Рудные тела не имеют четких геологических границ и выделяются по данным опробования.

Руды месторождения «Албын» на 95-98% состоят из кварца и полевых шпатов, а также слюдистых минералов, главным образом мусковита и серицита (Казанцев и др., 2013; Серебрянская и др., 2010; Серебрянская, 2011). Они представлены кварц-полевошпатовыми, карбонат-слюдисто-кварц-альбитовыми, карбонат-хлорит-слюдисто-кварц-альбитовыми, слюдисто-кварц-альбитовые метасоматитами, а также минерализованными зонами дробления. Среди рудных минералов преобладают сульфиды – пирит и арсенопирит. Прочие сульфиды встречаются в единичных зернах. Суммарная доля сульфидов не превышает 2%. К ранним (дорудным) минералам относятся магнетит, гематит, ранние генерации пирротина, пирита. Обычно они локализируются за пределами секущих кварцевых прожилков в виде обильной мелкой вкрапленности зерен различной формы, которые сливаются в цепочки и почти сплошные прожилки. Непосредственно с золотом ассоциируют арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и галенит, локализованные в жилах и прожилках. Они выполняют секущие трещины, а также располагаются в виде редкой вкрапленности идиоморфных, гипидиоморфных и ксеноморфных зерен, моно- и полиминеральных агрегатов, скоплений и гнезд в прожилках кварцевого, кварц-карбонатного и кварц-альбитового состава. Арсенопирит рудной стадии отмечается в виде крупной вкрапленности и прожилковых выделений. Оруденение отнесено к золото-кварцевой формации.

Выделены этапы, стадии, подстадии оруденения и соответствующие им минеральные ассоциации (рис.3.15).

ЭТАПЫ	ЗОЛОТОРУДНЫЙ					ПОСТРУДНЫЙ	ГИПЕРГЕННЫЙ
	Редкометалл- льная	Золото- сульфидная	Золото-кварцевая				
Подстадии	Пирохлор- монацитовая	Золото- пирит- пирротиновая	Золото-кварц-пирит- пирохлорит- арсенопиритовая	Золото-кварц- арсенопиритовая	Золото- кварцевая	Кварц- карбонатная	Скородит-гетит- гидрогетитовая
Минералы							
Альбит	-----						
Кварц	-----						
Мусковит	-----						
Серицит	-----						
Калиевый полевой шпат	-----						
Хлорит	-----	-----					
Бiotит	-----						
Стильномелан	-----						
Гранат	-----						
Эпидот	-----	-----					
Актинолит	-----	-----					
Турмалин	-----						
Карбонаты	-----					-----	
Магнетит, гематит	-----	-----	-----				-----
Пирит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Пирротин	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Арсенопирит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Халькопирит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Сфалерит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Марказит, мельниквит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Галенит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Шеелит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Золото самородное	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Железо самородное	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Сфен	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Анаказ	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Брукит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Циркон	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Апатит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Рутил, ниобистый рутил	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Ильменорутил	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Колумбит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Монацит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Ксенотим	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Пирохлор	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Лимонит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Гетит, гидрогетит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Ковеллин	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Борнит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Скородит	-----	-----	-----	-----	-----		-----
Окислы марганца	-----	-----	-----	-----	-----		-----

Рис. 3.15. Схема минералообразования месторождения «Албын».

Предрудный этап включает в себя редкометалльную стадию, в течение которой в процессе щелочного метасоматоза образовались минералы редкометалльно-редкоземельной группы. Рудный этап включает образования двух стадий: золото-сульфидной и золото-кварцевой. Первая образована золото-пирит-пирротиновой ассоциацией, а вторая

разделена на три ассоциации – золото-кварц-пирит-пирротин-арсенопиритовую, золото-кварц-арсенопиритовую и золото-кварцевую. Пострудный этап включает стадию кварц-карбонатных прожилков. Гипергенному этапу соответствует стадия окисления со скородит-гидрогетит-гетитовой минеральной ассоциацией. В пределах рудных тел наиболее распространены образования золото-кварцевой стадии, золото-сульфидная проявлена очень слабо, а доля золота, ассоциированного с сульфидами, невелика. Повышенной золотоносностью характеризуются участки развития кварцевых, кварц-карбонатных жил и прожилков.

Золото в руде месторождения «Албын» ассоциирует с породообразующими минералами, кварцем и сульфидами. По данным атомно-абсорбционного анализа, содержание золота в сульфидах меняется от 10.2 до 125 г/т, в гидроксидах железа достигает 11.3 г/т (Серебрянская, 2011). Форма золотин комковатая, неправильная, пластинчатая, жилковидно-пластинчатая, проволочковидная -и лепешковидная, реже – кристаллическая. Цвет золотисто-желтый. Поверхность большинства золотин в окисленных рудах покрыта пленками гидроксидов железа. Характерно значительное количество золота крупностью +0.074 мм (27-47%). Часто встречается золото крупнее 1 мм. Доля тонкого золота (3-25 мкм) меняется от 8 до 40%. Оно в основном легко извлекается цианированием. Значительная часть золота рассеяна в железистых (сидерите) и в железо-марганцевых карбонатах, которые совместно с арсенопиритом выполняют прожилки в кварце или в серицит-кварц-карбонатном агрегате. Иногда золото содержится в трещинах в арсенопирите. Доля упорного золота в разных типах руд составляет 0.7–13.4%. Это, по-видимому, раннее тонкодисперсное золото (<0.001мм), тесно ассоциированное с сульфидами.

Видимое золото часто встречается в кварцевых, кварц-карбонатных, кварц-альбитовых жилках и прожилках в сростании с арсенопиритом (рис. 3.16), другими сульфидами, кварцем и альбитом. Размеры зерен видимого золота – от 0.1 до 3×5.5 мм.

Проба золота месторождения «Албын» меняется от 760 до 912‰. Наиболее часто отмечается проба 880-895‰, реже встречаются 865-880 и 895-910 пробы, еще реже – 850-865 и 835-850. Золото с пробой 760-790‰ отмечается совсем редко (рис. 3.17).

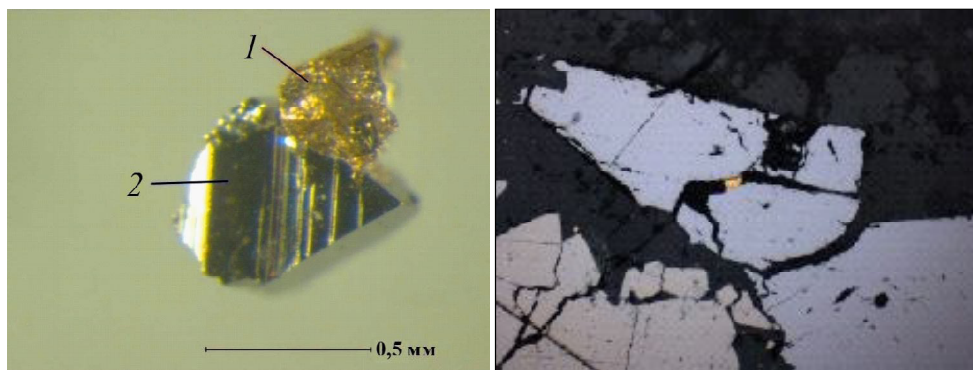


Рис. 3.16. Месторождение «Албын». Левый рисунок – сросток золота (1) с арсенопиритом (2), правый – золото в трещинке арсенопирита. Фото А.А. Малышева.

Доля высокопробного золота (900-950 ‰) на месторождении «Албын» составляет 11%, доля золота средней пробы (820-899‰) – 89%, низкой пробы (760-790‰) – доли процента. Средняя проба по 210 анализам равнялась 885,2‰.

Из элементов примесей наиболее часто отмечается ртуть (до 2.81 мас.%), реже - медь и сурьма (Серебрянская и др., 2010). Высокие и повышенные кларки концентраций в метасоматитах и рудах образуют Au, As, W, Ag, Nb и Y. В первичных ореолах наиболее высоких концентраций достигают те же элементы (рис. 3.18).

Первичные ореолы золота, мышьяка и ниобия чаще всего распространены в пределах центральной части Албынской золоторудной зоны, серебро образует надрудный ореол. Для золоторудного месторождения «Албын» характерна следующая обобщенная ассоциация элементов: Au-As-Nb-W-Y-Ag-Mn-La-Sn-Mo.

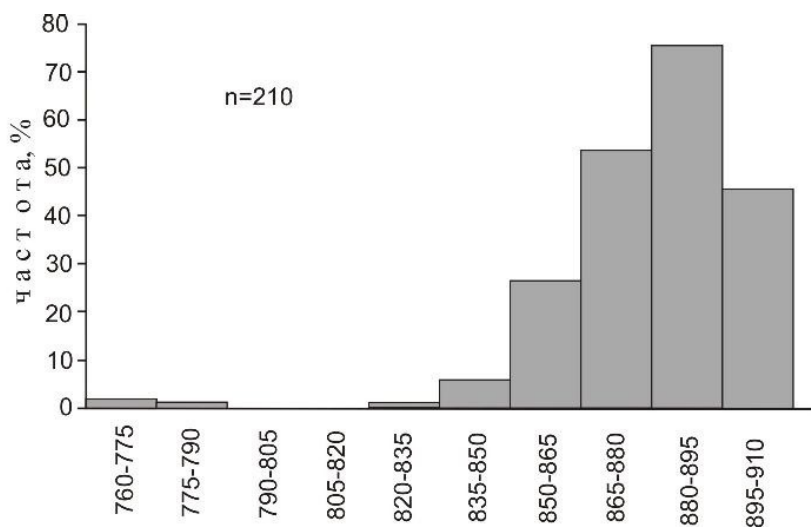


Рис. 3.17. Гистограмма пробы золота месторождения «Албын» (Серебрянская, 2011).

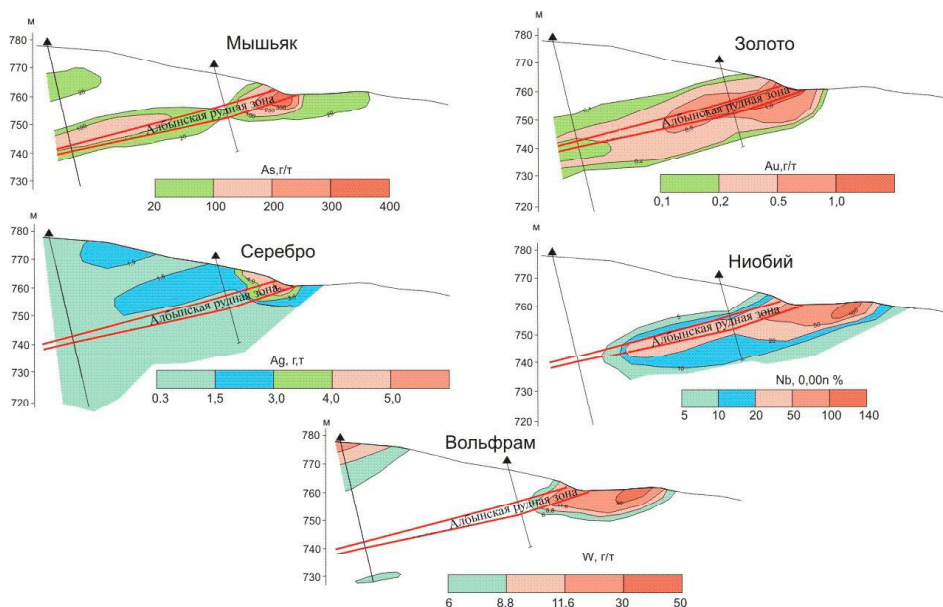


Рис. 3.18. Первичные геохимические ореолы месторождения «Албын» (В.Н. Чеботарев и др., 2005).

Основной рудной ассоциацией является Au-As-W-Ag. Она наложена на более раннюю редкометалльную ассоциацию (Mo-Nb-Y-La-Sn), предшествующую основным стадиям золоторудного процесса и связанную с альбитизацией.

В 2006 г. УК «Петропавловск» получила лицензию на изучение, разведку и отработку рудных тел на объекте «Златоустовский», включая Албынскую золотоносную зону. К началу 2010 г. на центральном отрезке висячего бока зоны выявлены и прослежены до глубины 500 м пять пологозалегающих широтно ориентированных сближенных рудных тел. Падение их северное, под углом 30-40°. Длина тел составляет 510-1850 м, протяженность – на глубину 110-325 м, средняя мощность – 3.8-6.5 м. Среднее содержание золота по месторождению – 2.62 г/т. Балансовые и забалансовые запасы золота по категории C₂ по ним составляют около 33 т. Месторождение отнесено к среднемасштабным. 62% балансовых запасов сосредоточены в выходящем на поверхность наиболее крупном

рудном теле № 1, расположенном в верхней части зоны метасоматитов. Остальные тела располагаются в разрезе ниже, три из них на поверхность не выходят.

По степени окисленности руды подразделяются на окисленные, смешанные (различной степени окисленности) и первичные. Резко преобладают первичные руды. В первичных, смешанных и окисленных рудах месторождения «Албын» доля свободного золота в целом высока (79.3-91.1), значительная часть его находится в сростках (8.6-18.4%), а упорное золото составляет всего от 0.3 до 3.9%. Исключение – смешанные руды, отличающиеся значительным количеством сульфидов. В них доля свободного золота равна 14.4%, в сростках – 72.2%, количество упорного золота, приуроченного к сульфидам, достигает 13.4%. Несмотря на различную степень окисления (от 4 до 93%), руда относится к одному технологическому типу легкоцианируемых руд. Доля цианируемого золота колеблется от 87 до 99%, количество свободного амальгамируемого металла в большинстве случаев составляет 79-91%. Руды верхних горизонтов месторождения по технологическим свойствам аналогичны рудам, залегающим на глубине.

Переработка руды месторождения «Албын» может осуществляться по сорбционно-цианистой схеме, которая обеспечивает извлечение от 83 до 96% золота в зависимости от его исходного содержания. Хорошие показатели дает и гравитационно-цианистая схема с цианированием гравиконцентрата и хвостов гравитации. Альтернативный вариант – гравитационно-флотационная технология с цианированием грави- и флотоконцентратов (извлечение 91-97%). При использовании технологии кучного выщелачивания бедных и забалансовых руд извлекается 50-60% золота.

В 40-х гг. XX в. из кварцевых жил добыто около 690 кг золота, а из линз золотоносных метасоматитов – 100.5 кг. Итого 790.5 кг. Содержания золота с глубиной снижались. С 2011 г. на месторождении проводится опытно-промышленная отработка карьером с целью доработки технологии извлечения золота. В 2012 г. добыто 2648.1 кг золота, в 2013 г. – 4065 кг, в 2014 г. – 5438 кг, в 2015 г. – 4654 кг.

Месторождение «*Тарнах*» расположено в пределах Токурского рудно-россыпного узла Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в бассейнах руч. Большой, Малый Тарнах и руч. Экимчанский, правых притоков р. Селемджи, в 1-4.5 км северо-восточнее пос. Экимчан (рис. 3.19).

В 1918 г. при разработке россыпи была встречена жила мощностью 0.5 м с высоким содержанием золота. Жила обрабатывалась в 1918-1921 гг., добыто 97.9 кг золота.

Поисковые и поисково-разведочные работы проводились в 1932-1950 гг. организациями «Дальзолото», «Дальгеотрест» и Токурским рудником.

В геологическом строении месторождения принимает участие толща филлитов и рассланцованных песчаников с прослоями аргиллитов и сланцев. Среди них выявлена серия кварцевых жил и мелких прожилков различной ориентировки, приуроченных к зоне разлома северо-восточного простирания.

Рудоносными являются три золотоносные жилы. Жила № 1 прослежена канавами на 20 м, средняя мощность ее 0.2 м. Жила № 2 протянулась на 90 м, при мощности 0.15-0.4 м. Длина жилы № 3 составляет 20 м, мощность ее – 0.2-0.6 м. В жиле № 1 среднее содержание золота – 4.4 г/т; в жиле № 2 – 12-93.2 г/т; в жиле № 3 – 12-160 г/т (В.Ф.Розенфельд, 1949). Месторождение отнесено к золото-кварцевой формации. Прогнозные ресурсы золота по категории P_2 при глубине подвески в 100 м оценены в 0.9 т, категории P_3 – 1.3 т (С.Г. Агафоненко, 2002).

Месторождение «*Иннокентьевское*» расположено в Токурском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе р. Баранджа и руч. Иннокентьевский, в 3.6 км к северо-западу от Токурского месторождения. Оно выявлено в 1947 г. при поисковых работах на рудное золото (В.Ф. Розенвальд, 1947). В 1960-1968 гг. проведены поисковые и разведочные работы (В.А. Ваненко и др., 1967). Оруденение локализовано в поле развития песчано-глинистых образований экимчанской и токурской свит (рис. 3.20). В них выявлено 68 кварцевых жил и зон брекчирования.

Основное оруденение несут кулисообразно расположенные кварцевые жилы. Их протяженность – 100-400, м при средней мощности 0.2-0.5 м.

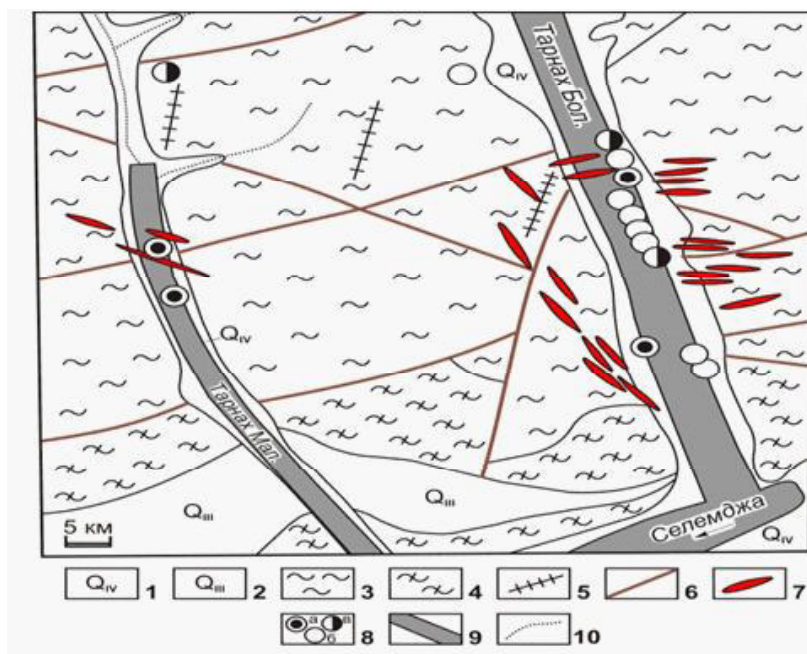


Рис. 3.19. Тарнахское месторождение золота (А.А. Лушей, 1987):

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения террас; 3 – токурская свита: метапесчаники, пласты филлитизированных аргиллитов, микрокварцитов, кремней; 4 – экимчанская свита: метапесчаники, переслаивание аргиллитов и метапесчаников; 5 – дайки диоритовых порфиров и гранит-порфиров верхнего мела; 7 – кварцевые жилы и прожилки; 8 – штуфные пробы с содержанием золота: а) более 10г/т, б) 5-10 г/т, в) 0.1-5 г/т; 9 – россыпи золота; 10 – водотоки.

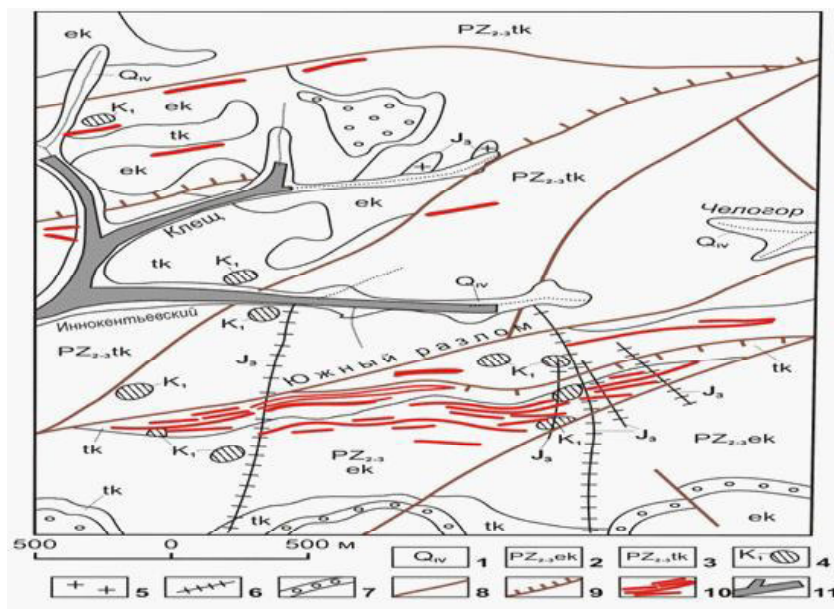


Рис. 3.20. Иннокентьевское месторождение золота (Эйриш, 2002):

1 – голоцен: галечники, пески, гравий, суглинки; 2 – экимчанская свиты: метапесчаники, микрокварциты, аргиллиты, известковистые алевролиты; 3 – токурская свита: метапесчаники, аргиллиты, алевролиты, кремни; 4 – кварцевые диориты; 5 – граниты; 6 – дайки диорит-порфиров, плагиогранит-порфиров; 7 – горизонты микрокварцитов и кремней; 8 – разломы; 9 – надвиги; 10 – золото-кварцевые жилы и прожилки; 11 – россыпи золота.

Жилы группируются в две зоны шириной 200-300 м и длиной до 2 км. Зоны запад – северо-западного простирания, с падением в южных румбах под углами 30-40°. Промышленное оруденение несут 17 жил, из них обрабатывалась одна. Среднее содержание золота по жилам 1.1-53.5 г/т. Проба золота низкая (785‰). Кварцевые жилы содержат до 1-2% пирита, арсенопирита и шеелита. Прогнозные ресурсы категории P_1 в жильных телах до глубины 200 м составляют 2.47 т, P_2 – 15.4 т (Забродин, 2006).

Золото-шеелитовое месторождение «Унгличиканское» расположено в Харгинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе р. Мал. Наэрген и Харга. Оно открыто в 1930 г. геологом Г.П. Сафроновым. В 1931-1942 гг. месторождение разрабатывалось на вольфрам. При этом добыто 51.755 т 60% шеелитового концентрата (31 т шеелита) и попутно 100 кг золота. В 1969-1970 гг. месторождение изучалось глубокими шурфами с рассечками (В.Н. Лебедев и др., 1971). В 1985-1990 гг. проводились поисково-оценочные работы с проходкой штольни и ортов (А.К. Иванищенко, 1991). Месторождение приурочено к разлому, разграничивающему графитисто-кварцево-сланцевые тальминской и филлитовидные сагурской свит (рис. 3.21).

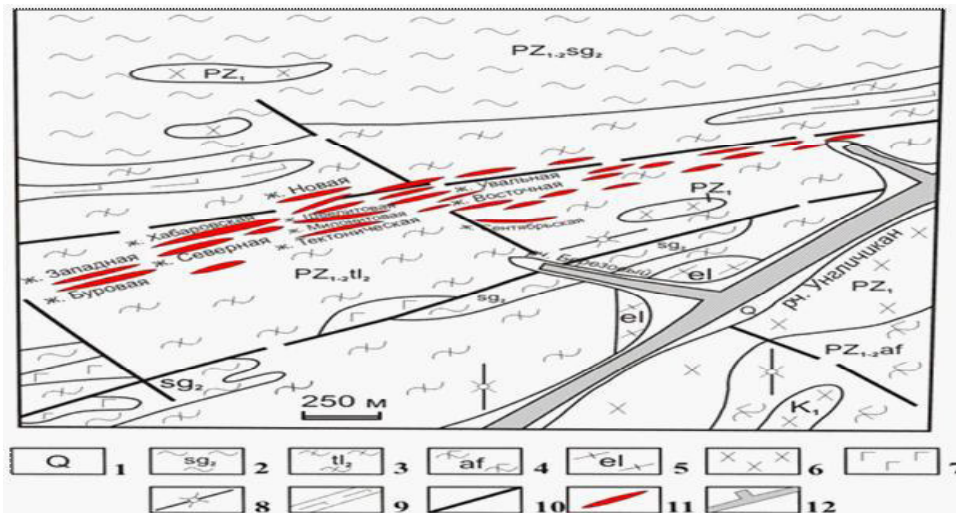


Рис. 3.21. Унгличиканское золото-шеелитовое месторождение (А.А. Луцей и др., 1987):

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – сагурская свита: кварцево-сланцевые и филлитизированные глинистые сланцы с прослоями серицитизированных песчаников, эпидот-актинолитовых, эпидот-хлоритовых сланцев и мраморизованных известняков; 3 – тальминская свита: сланцы серицитовые, филлиты, зеленые сланцы, известняки; 4 – афанасьевская свита: альбит-биотитовые, альбит-биотит-мусковитовые, альбит-кварц-биотитовые, альбит-мусковитовые сланцы; 5 – эльгинский горизонт: эпидот-хлорит-актинолитовые, амфиболовые сланцы, диабазы, диабазовые порфириды, их туфы; 6 – гранодиориты, граниты, диоритовые порфириды; 7 – габбро; 8 – дайки гранит-порфиров, 9 – горизонты мраморизованных известняков, мраморов; 10 – разломы; 11 – золотоносные кварцевые жилы; 12 – россыпи золота.

В кварцево-жильной зоне «Хабаровская» оконтурено рудное тело длиной 95 м, средней мощностью 2,7 м, со средним содержанием золота 18 г/т и ресурсами по категории P_1 : золота – 1,19 т, вольфрама – 343 т (В.И. Остапчук, 1990). Кварц содержит редкую (1-5%) вкрапленность сульфидов, среди которых доминирует пирит. Шеелит встречается в виде прожилков (до 1 см), рассеянной вкрапленности и гнездообразных скоплений. Содержание вольфрама в руде – 0,05-0,9%, в кварцевых прожилках – 0.1-3%. Другие рудные зоны образованы окварцованными сланцами и рудными брекчиями. Обломки брекчий представлены кварцем, кварц-альбит-сланцевыми сланцами и адуляр-кварцевыми породами, цемент лимонитовый. Брекчии пересечены кварцевыми прожилками, содержащими вкрапленность альбита, адуляра, арсенопирита, пирита, шеелита, реже галенита, марказита, сфалерита и антимонита. Этот же комплекс рудных минералов

в виде вкрапленности отмечается и в окружающих гидротермально измененных породах. Наиболее широко представлены арсенопирит и пирит. Текстура руд полосчатая, брекчиевая, реже отмечаются прожилковые и вкрапленные руды.

Золото губчатой, дендритовидной, каплевидной и пластинчатой формы, величина зерен 0.005-0.5 мм. Отмечается золото в сростках с арсенопиритом и галенитом. Проба золота меняется в пределах 663-980‰, средняя – 770‰.

Наиболее золотоносны рудные брекчии и кварц-альбитовые метасоматиты с адуляром. Из 25 рудных тел только пять являются промышленно шеелитоносными. Шеелит образует в рудных зонах мономинеральные желваки, прожилки и линзы (5x10x20 см), содержащие редкую вкрапленность сульфидов и барита. Содержание W_2O_3 в пробах варьирует от 0.1 до 25%, а золота (в этих же телах) – от 0.1 до 1094 г/т. Оруденение отнесено к золото-шеелит-кварцевой формации (С.В. Сомов, 1990).

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb-Sr-методом в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на приборе МИ-1201Т. Анализировались полевые шпаты и серицит из рудоносных жил. В результате получена изохрона с возрастом 101 ± 6 млн. лет, что соответствует альбскому ярусу раннемеловой эпохи.

В результате проведенных поисково-оценочных работ по 10 рудным телам подсчитаны запасы по категории C_2 : золото – 9.4 т; W_2O_3 – 12 тыс. т. Кроме того, определены прогнозные ресурсы золота по категории P_1 – 19.5 т (А.К. Иванищенко, 1991). Добыча золота: 2014 г. – 147.1 кг, 2015 г. – 141 кг.

Месторождение «*Кварцитовое*» находится на правом борту руч. Маломыр, левого притока р. Нижняя Стойба, в 2 км к северо-западу от Маломырского месторождения (рис. 3.22). Поисковые, поисково-оценочные работы проводились в 1966-1970 гг. (В.Н. Лебедев, 1971) и в 1990-93 гг. (А.И. Пересторонин, 2005). С поверхности месторождение изучено канавами, а на глубину до 300-350 м – скважинами.

Вмещающими породами являются мусковит-хлорит-альбит-кварцевые, альбит-мусковит-кварцевые и зеленые сланцы мынской свиты. Они прорваны мелкими субсогласными телами метаморфизованных плагиогранитов златоустовского комплекса верхнего палеозоя. Широко проявлены дайки диорит-порфиритов карауракского комплекса раннего мела. Оруденение приурочено к участкам интенсивного катаклаза гранитоидов и их контактам со сланцами. Руды представлены следующими разновидностями: кварцевые, кварц-полевошпатовые метасоматиты по бластомилонитизированным гранитоидам исландцам с вкрапленной и прожилковой сульфидной минерализацией; серицит-кварцевые метасоматиты с прожилковой и вкрапленной сульфидной минерализацией; кварцевые, серицит-кварцевые либо слабоокварцованные или серицитизированные гранитоиды с наложенным тонкопрожилковым кварцем; кварцевые брекчии по метасоматитам с вкрапленностью сульфидов.

В составе руд наиболее распространен кварц (65-75%), в меньшей степени – серицит, полевые шпаты, карбонат, адуляр, сульфиды. Среди сульфидов преобладает пирит. В меньшей степени характерен арсенопирит, очень редко отмечаются халькопирит, сфалерит, галенит и пирротин. Количество сульфидов не превышает 5%. Гипергенные минералы – гидроксиды железа, реже скородит.

Мощность зоны окисления не превышает первых метров. Форма рудных тел гнездовая, столбообразная, линзовидная, протяженность от первых десятков до 200-400 м, мощность до 3.5–18.7 м. Среднее содержание золота в рудах 1-3 г/т, по отдельным сечениям до 4-4.6 г/т, реже – до 5-16 г/т.

Поисковые, поисково-оценочные работы проводились в 1966-1970 гг. (В.Н. Лебедев, 1971) и в 1990-93 гг. (А.И. Пересторонин, 2005). С поверхности месторождение изучено канавами, а на глубину (до 300-350 м) – скважинами.

Вмещающими породами являются мусковит-хлорит-альбит-кварцевые, альбит-мусковит-кварцевые и зеленые сланцы мынской свиты. Они прорваны мелкими субсогласными телами метаморфизованных плагиогранитов златоустовского комплекса верхнего палеозоя.

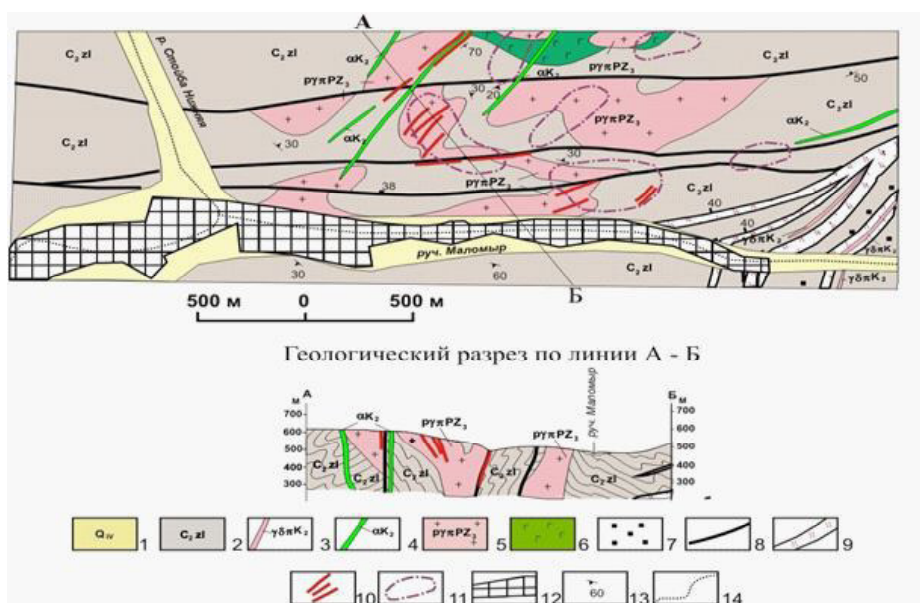


Рис. 3.22. Месторождение «Кварцитовое»

(К.Ф. Клыжко, 1982; А.Е. Пересторонин, 1993; И.Ю. Громаковский, 2001):

1 – голоцен: пески, валуны, глины русла и поймы; 2 – златоустовская свита: кварц-полевошпат-углеродисто-сланцевые, кварц-полевошпат-сланцевые сланцы с прослоями кварцитов, кварц-полевошпат-хлоритовых и амфиболовых сланцев; 3 – дайки гранодиорит-порфиров; 4 – дайки андезитов, андезитовых порфиров; 5 – blastomylonitized plagioclase porphyry dykes; 6 – horizons of metaquartzite; 7 – horizons of microquartzite; 8 – faults; 9 – zones of mylonitization, brecciation, fracturing with elements of zoning; 10 – gold-bearing quartz veins; 11 – complex dispersion halos of Au, Ag, As; 12 – gold nuggets; 13 – elements of fracturing of rocks; 14 – watercourses.

Широко проявлены дайки диорит-порфиров караурацкого комплекса раннего мела. Оруденение приурочено к участкам интенсивного катаклаза гранитоидов и их контактам со сланцами.

Руды представлены следующими разновидностями: кварцевые, кварц-полевошпатовые метасоматиты по blastomylonitized гранитоидам и сланцам с вкрапленной и прожилковой сульфидной минерализацией; серицит-кварцевые метасоматиты с прожилковой и вкрапленной сульфидной минерализацией; кварцевые, серицит-кварцевые, либо слабоокварцованные или серицитизированные гранитоиды с наложенным тонкопрожилковым кварцем; кварцевые брекчии по метасоматитам с вкрапленностью сульфидов. В составе руд наиболее распространен кварц (65-75%), в меньшей степени – серицит, полевые шпаты, карбонат, адуляр, сульфиды.

Среди сульфидов преобладает пирит. В меньшей степени характерен арсенипирит, очень редко отмечаются халькопирит, сфалерит, галенит и пирротин. Количество сульфидов не превышает 5%. Гипергенные минералы – гидроксиды железа, реже скородит. Мощность зоны окисления не превышает первых метров. Форма рудных тел гнездовая, столбообразная, линзовидная, протяженность от первых десятков до 200-400 м, мощность до 3.5–18.7 м. Среднее содержание золота в рудах 1-3 г/т, по отдельным сечениям до 4-4.6 г/т, реже – до 5-16 г/т.

Золото в рудах присутствует в самородном виде. Наиболее характерные формы частиц золота – неправильные компактные, ажурные, реже пластинчатые, лепешковидные, комковатые. Отмечаются сростки с галенитом, арсенипиритом, сфалеритом (рис. 3.23).

Более половины всей массы свободного золота сконцентрировано в интервале крупности $-0.5 + 0.1$ мм. Доля мелкого и тонкого золота (класс крупности минус 0.07 мм) составляет 39.8%.

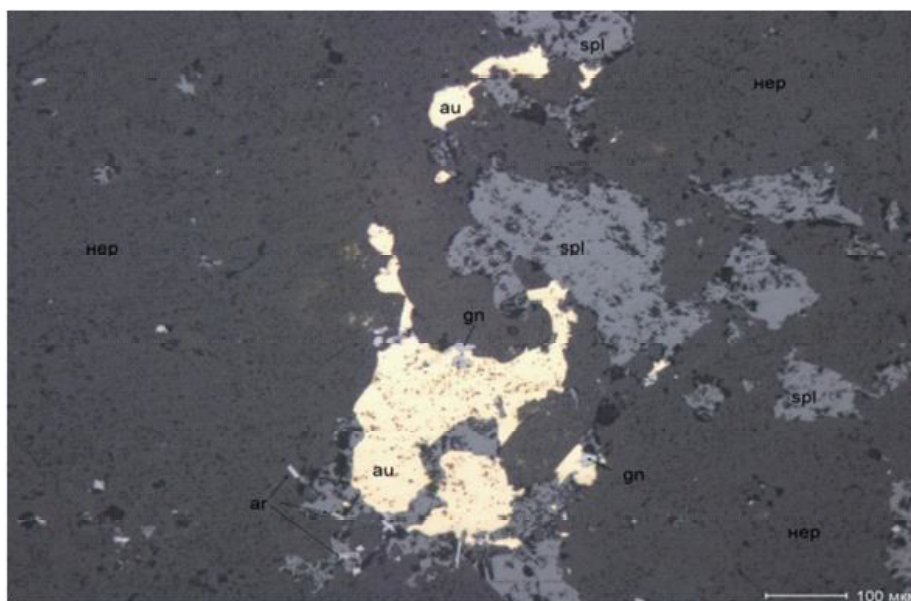


Рис. 3.23. Месторождение «Кварцитовое». В аншлифе сростков золота с галенитом, арсенопиритом, сфалеритом. Фото В.Н. Лапшина.

Основная масса тонкого и тонкодисперсного золота (интервал крупности от 3 до 25 мкм), по данным сцинтилляционного анализа, имеет размер 15-25 мкм и 5-9 мкм.

В протолочках первичных руд и шлихах, отмытых в канавах, над рудными зонами обнаружены знаки (от 1 до 100) золота размером 0.05-1 мм (в среднем 0.07-0.3 мм), единичные до – 0.3x1.5x1.8 мм. Видимое золото встречалось в керне скважин в прожилках серого кварца, иногда рассеченных тонкими прожилками позднего кварца с тонкораспыленными сульфидами.

Проба золота колеблется в пределах 700-870 единиц (средняя 778‰). Одно определение отвечает электруму. Почти треть всех определений имеет пробу 800-820. Половина всего золота – с пробой 720-800‰. Относительно редко встречается золото с пробой 820-880 и совсем редко – ниже 720‰.

Средние концентрации попутных элементов в рудах составляют: Ag – 4.5 г/т, W – 0.015%, Cu – 0.0044%, Pb – 0.0035%, As – 0.215%, Sb – 0.0003%. В штучных пробах содержания платиноидов достигают: Pt – 0.2 г/т, Pd – 0.073 г/т, Ir – 0.2-0.4 г/т, Os – 0.015-0.088 г/т, Ru – 0.03 г/т. Месторождение отнесено к золото-кварцевой формации. По запасам (категория C_2 – 32.6 т) и прогнозным ресурсам (категория P_1 – 12.8 т) это месторождение оценивается как среднее, с низким средним (около 2 г/т) содержанием металла. Добыча золота: 2014 г. – 2048 кг, 2015 г. – 1160 кг.

Месторождение «Сагур» находится в Токурском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на левобережье руч. Сагур, левого притока р. Селемджа (рис. 3.24). Оно открыто в 1925 г. и обрабатывалось с 1948 г. по 1956 г. Добыто более 3 т золота.

Месторождение «Сагур» приурочено к северо-восточному крылу антиклинальной структуры, сложенной кварц-сланцевыми сланцами сагурской свиты, перекрывающими углеродсодержащие образования златоустовской свиты. Породы прорваны дайками среднего состава мезозойского возраста. Рудоносные кварцевые жилы залегают обычно согласно с вмещающими породами, с падением на северо-восток под углами 30-60°. Реже наблюдаются секущие тела, с падением на северо-запад под углами 37-70°. Протяженность рудоносных тел – 30-240 м, средняя мощность – 0.4-3.2 м. Отдельные жилы прослежены до глубины 140 м, некоторые на поверхность не выходят. Содержание золота – от 0.01 г/т до 2.7 кг/т (в среднем 0.3-35.2 г/т).

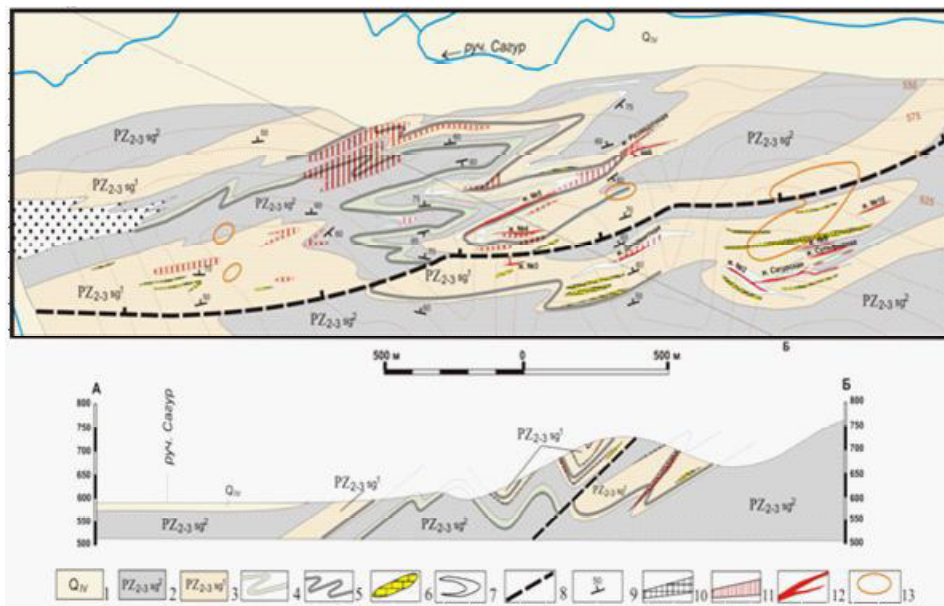


Рис. 3.24. Геологическая карта и разрез золоторудного месторождения «Сагур» (В.И.Крутиков, 1947; И.Д.Дмитриев, В.Ф.Розенвальд, 1958; А.П.Грибанов, 1987; А.Б.Варламов, 1989):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2-3 – сагурская свита: 2 – верхняя подсвита: фелитизированные глинистые сланцы, алевролиты, альбит-серицит-кварцевые, кварц-серицитовые сланцы; 3 – нижняя подсвита: кварцево-сланцевые и филлитизированные глинистые сланцы и алевролиты; 4 – зеленые сланцы; 5 – углеродистые сланцы; 6 – линзы известняков; 7 – кварциты; 8 – надвиг; 9 – элементы залегания сланцеватости пород; 10 – тектониты; 11 – минерализованные зоны; 12 – кварцевые и кварц-шеелитовые жилы; 13 – вторичные ореолы рассеяния золота.

Установлено 68 рудоносных тел, сгруппированных в 18 минерализованных зон, протяженностью от 0.2 до 2.7 км и шириной 10-100 м. Содержание золота в рудных телах достигает 13.5 г/т. Минеральный состав руд: кварц, карбонаты, серицит, адуляр.

Из рудных минералов отмечаются арсенопирит, пирит, реже пирротин, галенит, халькопирит, сфалерит, скородит, церуссит, золото, редко самородное серебро. Содержание сульфидов – не более 1-3%. Золото в рудах свободное, реже связанное в сульфидах. Проба его колеблется в пределах 688-857‰. Форма золотин дендритовидная, размер 0.01-0.4 мм, редко до 3 мм. Прогнозные ресурсы месторождения по категории P_1 оцениваются в 19 т золота (С.Г. Агафоненко и др., 2002).

3.3. Месторождения прикорневой части рудной колонны

В прикорневой части рудной колонны находятся среднее по запасам месторождение «Токур» и мелкое – «Ингагли».

Месторождение «**Ингагли**» находится в пределах Харгинского рудно-россыпного узла Джагды-Селемджинской зоны, в левом борту долины р. Сред. Ингагли. Оно открыто в 1934 г. старателем Протасовым. В 1934-1938 гг. на месторождении проводились разведочные работы с попутной эксплуатацией, добыто 220 кг золота. Месторождение расположено среди Ингаглинского массива гранитоидов позднепермского возраста (рис. 3.25).

На месторождении установлены кулисообразные линзовидные жилы кварца, мощностью 1.5-2 м, а также зоны прожилкового окварцевания. Зоны прослежены по простиранию на 60 м, по падению – на 20 м. Золотое оруденение сопровождается дайками кварцевых диоритов и диоритовых порфиров позднемелового возраста. Околорудные изменения представлены окварцеванием и серицитизацией. Среди рудных минералов отмечаются: золото, арсенопирит, галенит, сфалерит и пирит.

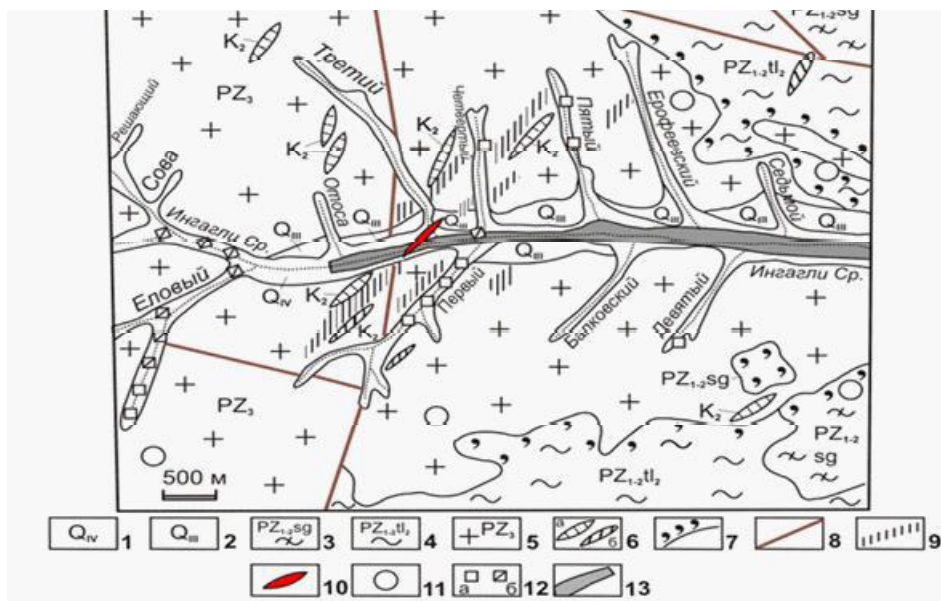


Рис. 3.25. Золоторудное месторождение «Ингагли» (А.А. Лушей и др., 1987):

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – среднечетвертичные аллювиальные отложения террас; 3 – глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, известняки сагурской свиты раннего-среднего палеозоя; 4 – песчаники, глинистые сланцы, алевролиты талыминской свиты раннего-среднего палеозоя; 5 – плагииграниты, гранодиориты Ингаглинского массива позднего палеозоя; 6 – дайки позднего мела: а – кварцевые диориты, б – диоритовые порфириды; 7 – контактовые роговики; 8 – разломы; 9 – зоны окварцевания; 10 – кварцевая жила; 11 – точки минерализации золота; 12 – шлиховые пробы с золотом: а – с содержанием до 100 мг/м³, б – более 100 мг/м³; 13 – россыпь золота.

Содержание золота колеблется от 14-22 г/т до 100 г/т. Средняя проба золота низкая – 733‰ (612-750‰). Прогнозные ресурсы месторождения по категории Р₁ при глубине прогнозируемого оруденения 100 м составляют 1.5 т золота (Забродин, 2006).

Месторождение «**Токурское**» расположено в бассейне среднего течения р.Малый Караурак, в 15 км от пос. Экимчан. Месторождение открыто в 1939 г. при отработке золотоносной россыпи руч. Большой Токур. Оно эксплуатировалось в 1941-1996 гг. Из руд добыто около 34 т золота, при среднем содержании 14.2-17.6 г/т (Остапенко и др., 2012). Месторождение изучалось исследователями многих производственных и научных организаций, по Токурскому рудному полю имеется монография (Эйриш и др., 1998).

Месторождение приурочено к границе существенно песчаниковой (токурская свита) и перекрывающей ее алевроаргиллитовой (экимчанская свита) толщ. Оно локализовано в южном крыле субширотной Челогорской антиклинали в надинтрузивной части нескрытого плутона гранитоидов раннего мела (Эйриш и др., 1998). Вмещающие породы прорваны штоками и дайками кварцевых диоритов и плагиигранит-порфиров мелового возраста. Для вмещающих терригенных отложений характерно присутствие органического углерода на уровне 0.3-2%. Породы слабо метаморфизованы в цеолитовой фации. Важнейшим рудоконтролирующим элементом является субширотная зона Главного разлома, к узлу пересечения которого с поперечными сбросами приурочена центральная часть месторождения (рис. 3.26).

На месторождении обнаружено свыше 500 кварцевых жил, из них наиболее изученными являются 75. Жилы отстоят друг от друга на 10-150 м и имеют, в основном, пологое (30-35°) падение на юго-запад. Протяженность их – от 60 м до 430 м, средняя мощность – 0.4-0.5 м. Крутопадающие жилы редки. По падению жилы разведаны штольнями, штреками, восстающими и частично отработаны шахтным способом. Выделяются четыре жильные зоны, прослеживающиеся от Главного разлома в восток-юго-восточном направлении, субпараллельно одна другой.

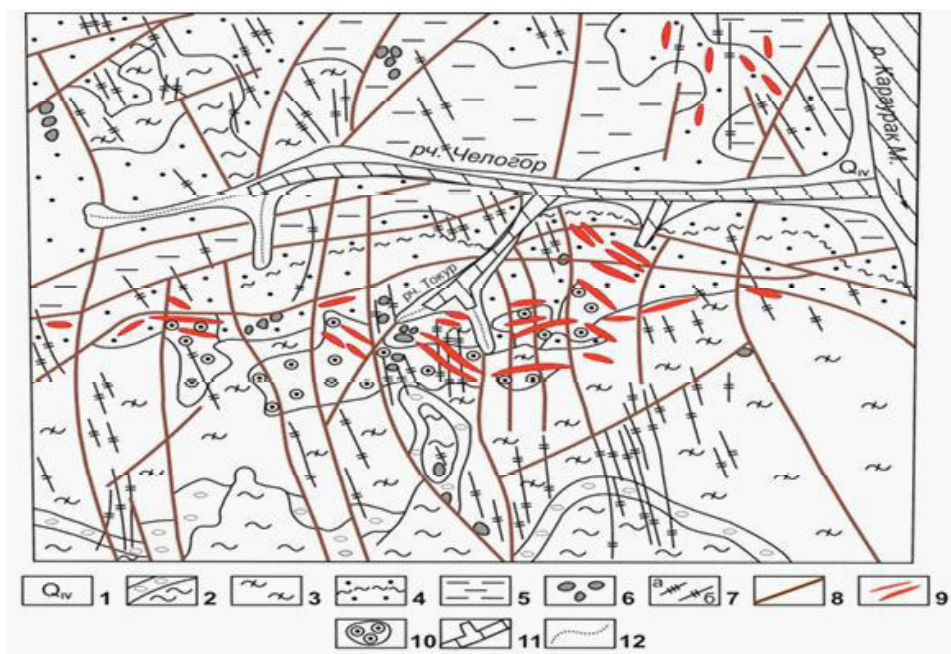


Рис. 3.26. Золоторудное месторождение «Токурское» (Эйриш, 2002):

1 – современный аллювий; 2 – верхняя песчаниковая толща с кремнями и базальным горизонтом полимиктовых песчаников; 3 – флишевая толща с горизонтами седиментационных брекчий и полимиктовых песчаников; 4 – нижняя песчаниковая толща с горизонтом филлитизированных алевролитов и кремней; 5 – нижняя аргиллитовая толща; 6 – штоки кварцевых диоритов; 7 – дайки: а) плагиоаплитов, плагиогранит-порфиров, б) диабазовых и диоритовых порфиров; 8 – разломы; 9 – золотоносные кварцевые жилы; 10 – проекция рудных столбов на горизонтальную плоскость; 11 – россыпи золота; 12 – водотоки.

Южная жильная зона № 1 включает шесть основных пологозалегающих жил. Оттуда добыто около 15% общего количества золота. В ее лежачем боку находится протяженная и продуктивная жильная зона № 2, объединяющая порядка 30 жил, в том числе крупные Первую и Октябрьские (№ 1-6) жилы и их апофизы. Из этой зоны добыто 58% общего количества золота. Жильная зона № 3 располагается севернее и состоит из 28 полого- и крутонаклонных жил, из которых добыто 24% золота. Жильная зона № 4 включает 11 жил (добыто 3% металла).

Золотоносные жилы имеют брекчиевую, полосчатую и сетчатую структуру. Они сложены в основном кварцем, в подчиненном количестве – адуляр, кальцит, анкерит, серицит и хлорит. Из рудных минералов, количество которых не превышает 1-3%, присутствуют арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит и самородное золото. Реже встречаются шеелит, рутил, халькопирит, марказит, блеклые руды, антимонит, кюстелит, станнин и касситерит.

Самородное золото в основном мелкое, величиной от нескольких микрон до первых миллиметров. Проба его низкая и меняется от 673 до 803‰, средняя – 726‰ (29 определений). С глубиной существенного изменения пробы золота не наблюдается. Среди микропримесей преобладает ртуть (Неронский, 1998).

В 1966 г. на месторождении «Токур» был выявлен новый тип руд – золотоносные сульфидно-кварцевые метасоматиты (Н.С. Остапенко, 1967, 1974). Зона метасоматической минерализации расположена висячем крыле надвига, имеет широтную ориентировку и пологое падение на юг (30°). Она прослежена от глубин 711 м до поверхности, а по простиранию – более чем на 4 км (Н.С. Остапенко, 1987). Мощность зоны составляет несколько десятков метров и увеличивается с глубиной.

Изотопный возраст околорудных метасоматитов месторождения «Токур» оценивается К-Аг методом в 100 и 108 млн. лет. Аг-Аг определение возраста адуляр-кварцевого

прожилка составляет 113.6 млн. лет, что отвечает альбскому ярусу раннего мела (Фатьянов, Лэйер, 1995).

Прогнозные ресурсы зоны по категориям P_1 - P_3 до глубин 1300 м в центральной части и 800 м на флангах составили 270.4 т золота, при мощности рудных тел 7-10 м и содержаниях золота 2.3-3 г/т (Н.С. Остапенко и др., 1991). Для центральной ее части протяженностью 1,9 км и на глубину до 800 м от поверхности, с учетом тех же принятых параметров, ресурсы золота по категории P_1 оценены в 103 т. Токурское месторождение большинством исследователей отнесено к малосульфидной золото-кварцевой формации.

Компания ООО «Токурский рудник» провела дополнительную разведку верхних горизонтов месторождения. В результате запасы его на 01.02.2007 г. составили по категории $B+C_1$ – 12.8 т золота, со средним содержанием 3.2 г/т; по категории C_2 – 15.7 т золота, со средним содержанием 2 г/т. Ресурсы золота до глубины 100 м в рудах со средним содержанием 3.3 г/т по категории P_1 оценены в 51.9 т (Л.В. Савенко, 2011).

* * *

Отнесение месторождений золото-кварцевой формации Приамурской провинции по аналогии с Центрально-Колымской к определенным частям рудной колонны позволяет сделать следующие выводы. Во фронтальной части рудной колонны располагается большая часть месторождений золота провинции. Они мелкие и представлены, как правило, рассредоточенными кварцевыми, полевошпат-кварцевыми и карбонатно-кварцевыми жилами. Руды месторождений этой части рудной колонны отличаются неравномерным содержанием золота, встречаются бананцы. Золото в рудах большей частью свободное, по размеру от мелкого до крупного и небольших самородков (месторождение «Золотая Гора»). Оно ассоциирует с арсенопиритом, галенитом, пиритом, иногда с антимонитом (Петровско-Еленинское и Афанасьевское месторождения). Среди элементов-примесей в золоте, кроме преобладающего серебра, отмечаются медь, ртуть, сурьма и мышьяк. Содержание примеси ртути в самородном золоте месторождений «Афанасьевское» и «Харгинское» достигает десятых долей и первых процентов. На фронтальную часть рудной колонны указывают наличие в рудах преимущественно крупного самородного золота с высокой пробой, нередкое присутствие антимонита, а также значительная примесь ртути в самородном золоте. Преобладание в пределах провинции месторождений фронтальной части рудной колонны определяет наличие большого количества богатых россыпей, а также предполагает значительные перспективы выявления на глубине богатого оруденения средней части рудной колонны.

В средней части рудной колонны находятся средние по запасам (Кварцитовое, Албын) и мелкие месторождения. Рудные тела часто представлены жильно-прожилковыми зонами, иногда зонами метасоматитов (Албын). Для золото-кварцевых руд характерно свободное самородное золото преимущественно мелких и тонких классов крупности. Среди рудных минералов, кроме обычных арсенопирита, пирита и галенита, часто встречается шеелит. Иногда содержание шеелита достигает промышленных величин (месторождение «Унгличкан»). Отметим, что высокие содержания шеелита имеются и на уникальном по запасам месторождении «Наталка» Центрально-Колымской провинции. Характерным признаком средней части рудной колонны является наличие в рудах преимущественно мелкого и тонкого золота средней пробы, а также присутствие повышенных содержаний шеелита.

Месторождения прикорневой части рудной колонны встречаются редко. Рудные тела представлены как кварцевыми жилами, так и зонами метасоматитов. Золото преимущественно свободное, мелких и тонких классов крупности. Среди микропримесей в составе золота преобладает ртуть. Для месторождения «Ингагли» вмещающим служит гранитный массив. Это сближает его с месторождением «Дорожное» Центрально-Колымской провинции, являющимся типовым для прикорневой части рудной колонны.

Глава. 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ

К золото-сульфидно-кварцевой формации отнесены месторождения с умеренным количеством сульфидов (5-20%). Золото в рудах находится как в свободном состоянии, так и в сульфидах. Рудными телами чаще всего являются жильно-прожилковые зоны и метасоматиты с золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Размеры рудных тел определяются по данным опробования. Важное промышленное значение приобретают зоны окисления с преимущественно свободным золотом. Нередко наблюдается связь золотого оруденения с конкретными интрузивными образованиями. В Приамурье к этой формации принадлежат крупные (Пионер), средние (Бамское, Кировское) и мелкие (Александра, Анатольевское, Верхнемынское, Ворошиловское, Колчеданный Утес, Снежинка, Соловьевское, Ясное) месторождения золота.

4.1. Крупные месторождения

Месторождение *«Пионер»* расположено в Улунгинском рудно-россыпном узле Северо-Бурейской металлогенической зоны, в верховьях р. Улунга. Первые данные о наличии золотого оруденения в коренном залегании получены в 1978 г. при проведении групповой геологической съемки масштаба 1:50000 Умлеканской партией Зейской ГСЭ (начальник партии В.А. Степанов). В полевом сезоне 1978 г. впервые на этой площади были выявлены обломки золотоносного кварца, оконтурено Пионерское рудное поле, в его пределах поставлены поисковые работы с отбором металлометрических проб и магниторазведкой. В тот же сезон ореолы золота и мышьяка вскрыты канавами с выявлением и опробованием первых рудных тел золотоносной зоны Бахмут в коренном залегании. Рудные тела были прослежены на глубину мелкими скважинами. Дальнейшие поисковые работы проводили партии Зейской ГСЭ, а разведочные – компания «Петропавловск». Первооткрывателями месторождения официально считаются Н.Г. Власов, В.С. Дмитренко, Н.К. Измайлова, Н.Г. Коробушкин, В.А. Степанов, И.С. Шейкина (приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24.07.2013 г. № 546-лс).

Месторождение локализовано на контакте многофазной Ольгинской интрузии гранитоидов раннемелового возраста и вмещающих песчано-сланцевых пород аякской свиты средне-позднеюрского возраста. Широко развиты дорудные и внутрирудные дайки и малые тела диоритовых порфириров и андезитов бурундинского комплекса раннего мела (Золоторудные..., 2010). Современный облик месторождения предопределен ортогональной системой разломов северо-западного и северо-восточного направления. Рудоносные зоны располагаются, главным образом, вдоль разломов северо-восточного простирания (рис. 4.1).

Рудные зоны представляют собой крутонаклонные (50-80°), мощные (50-300 м) линейные штокверки прожилково-сетчатого окварцевания и карбонатизации с прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализацией.

Минеральный состав руд изучался Н.Е. Маляминым, А.А. Поповым, В.Н. Акаткиным, Н.И. Орловой, В.С. Дмитренко и др. Руды месторождения «Пионер» относятся к золото-сульфидно-кварцевому типу. Выделяются две основных их разновидности: первичные (смешанные) – бедные, рядовые и богатые; окисленные – рядовые и богатые. По количеству сульфидов первичные руды умеренносульфидные (2-8% сульфидов), окисленные – малосульфидные (менее 2%). По минеральному составу руды на 88-96% сложены порообразующими минералами, в первичных рудах это кварц и полевые шпаты. В окисленных рудах место полевых шпатов занимают глинистые минералы.

Золотоносные рудные тела месторождения «Пионер» представлены однотипными зонами прожилково-сетчатых кварц-карбонатных прожилков, иногда переходящих в брекчии того же состава. Они сопровождаются прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией с существенным преобладанием пирита.

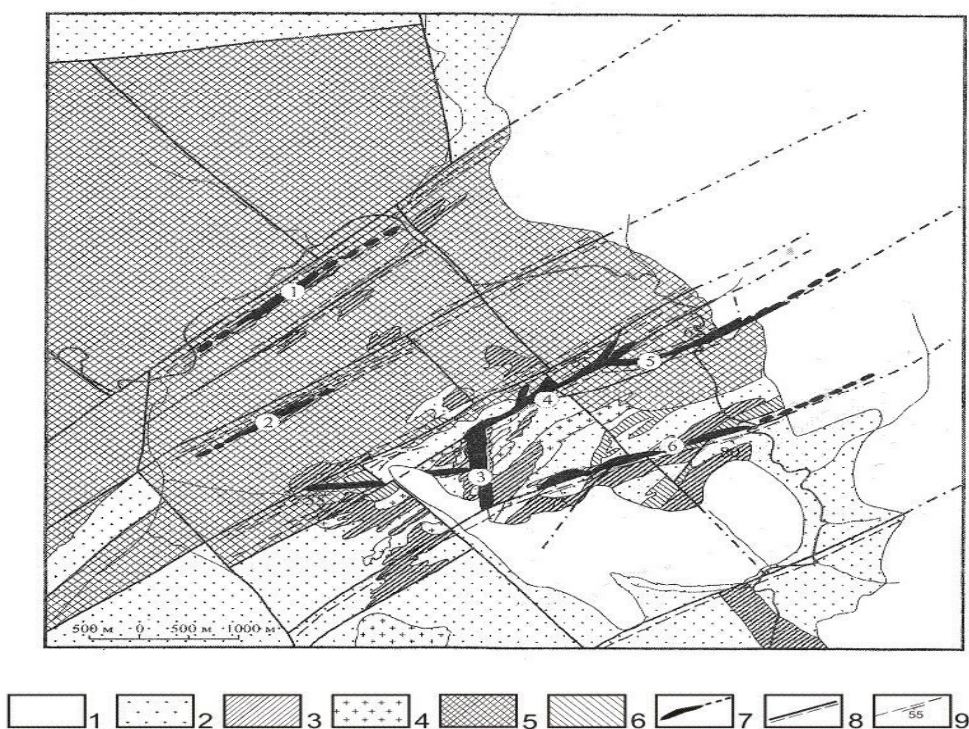


Рис. 4.1. Золоторудное месторождение «Пионер» (Золоторудные..., 2010):

1 – неогеновые озерно-аллювиальные пески, глины; 2 – верхнеюрские песчаники, алевролиты; 3 – нижнемеловые диорит-порфириты; 4 – нижнемеловые гранит-порфиры; 5 – нижнемеловые диориты, гранодиориты; 6 – верхнеюрские гранит-порфиры; 7 – золоторудные штокверковые зоны (1 – Звездочка, 2 – Западная, 3 – Южная, 4 – Промежуточная, 5 – Бахмут, 6 – Андреевская); 8 – разломы и зоны трещиноватости; 9 – элементы залегания рудных зон.

Вмещающие породы обычно превращены в серицит-кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты. Количество сульфидов в рудах меняется от 2% до 8%. Из рудных минералов отмечаются пирит, арсенопирит, пирротин, магнетит, халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит, висмутин, антимонит, сульфосоли свинца, меди, мышьяка, сурьмы, самородные золото и серебро, аргентит и акантит.

Для обогащенных золотом рудных столбов характерен полный набор сульфидов с существенной ролью сульфосолей, антимонита, халькопирита, самородного серебра, акантита и аргентита. Концентрации этих минералов в богатых рудах более чем на порядок превышают их концентрации в рядовых, что свидетельствует о проявленности в рудных столбах наиболее продуктивных на золото стадий минералообразования.

По рудным телам широко развита зона окисления. Мощность ее колеблется от 8-10 м на западном фланге месторождения до 150-220 м – на восточном. В зоне окисления по рудным минералам образуются лимонит, гематит, марказит, пиролюзит, халькозин, ковеллин, скородит, ярозит, лепидокрокит, гидрогетит.

Окисленные руды месторождения «Пионер» представлены глинистыми и древесно-глинистыми образованиями, в которых из первичных породообразующих минералов сохранился в основном лимонитизированный кварц. Золото в зоне окисления высвобождается из сульфидов, укрупняется и переходит в свободную форму.

Стадийность оруденения. На месторождении «Пионер» выделены следующие этапы, стадии, подстадии рудного минералообразования и соответствующие им минеральные ассоциации (рис. 4.2).

Рудный этап включает минеральные образования золото-сульфидно-порфировой и золото-сульфидно-кварцевой стадий.

ЭТАПЫ		ДОЗОЛОТОРУДНЫЙ		ЗОЛОТОРУДНЫЙ			ПОСТРУДНЫЙ	ГИПЕРГЕННЫЙ
Стадии		Пропилитовая		Золото-сульфидно-порфирировая	Золото-сульфидно-кварцевая			Кварц-карбонатных прожилков
Подстадии		Эпидот-хлоритовая	Кварц-эпидот-турмалиновая	Золото-пиритовая	Золото-адляр-кварц-поли-сульфидная	Золото-карбонат-кварц-сфалерит-галенитовая	Золото-кварц-сульфосольно-антимонитовая	Кварц-кальцитовая
Минералы								Гетит-лимонитовая
Кварц								
Серицит								
Адуляр								
Турмалины								
Хлорит								
Альбит								
Карбонаты								
Эпидот								
Биотит								
Флюорит								
Золото								
Пирит								
Арсенопирит								
Халькопирит								
Молибденит								
Галенит								
Сфалерит								
Антимонит								
Пирротин								
Висмутин								
Теннантит								
Марказит								
Герсдорфит								
Джемсонит								
Борнит								
Ковеллин								
Магнетит								
Акантит								
Аргентит								
Серебро								
Сульфосоли Pb, Sb								
Лимонит								
Гетит								
Ярозит								
Скородит								
Окислы Mn								
Церрусит								
Гидросульфаты Fe								
Азурит								
Малахит								

Рис. 4.2. Схема минералообразования месторождения «Пионер».

Первая стадия ассоциирует со становлением порфировых малых интрузий буриндинского комплекса. В эту стадию отлагалась основная масса трудноизвлекаемого золота, связанного с сульфидами. Во второй стадии интенсивность золоторудного процесса усилилась за счет новых порций золотоносных растворов и переотложения раннего золота. Происходило его укрупнение и отложение в свободной, извлекаемой форме.

В прерудный этап в рудных зонах и их обрамлении сформировались эпидот-хлоритовые и кварц-эпидот-турмалиновые пропилиты с вкрапленной (до 1-2%) пиритовой минерализацией. В рудный этап формировались серицит-кварцевые, кварц-серицитовые, хлорит- и карбонат-кварц-серицитовые березиты, реже аргиллизиты, сопровождаемые прожилково-вкрапленным оруденением (рис. 4.3, 4.4).



Рис. 4.3. Жила полосчатого рудоносного кварца в аргиллизированных и пиритизированных песчаниках из зоны «Бахмут» месторождения «Пионер» (фото А.В. Мельникова).



Рис. 4.4. Андезиты буриндинского комплекса (светлое) прорывают алевролиты с обильной вкрапленностью и гнездами пирита и кварцевыми прожилками. Зона «Бахмут» месторождения «Пионер» (фото А.В. Мельникова).

Рядовые руды месторождения в основном бедные, с содержанием золота 0.4-2 г/т. В обогащенных гнездах, струях и рудных столбах оно превышает 4 г/т, в отдельных пробах достигает 100-1830 г/т. Золото-серебряное отношение равно примерно 1:1.

Самородное золото встречается в двух видах. Первый – это микронные выделения и наночастицы в пирите предрудной стадии минерализации. Второй – самородное золото от мелкого до крупного крючковатой, округлой и рисовидной формы рудной стадии (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Слева – видимое золото месторождения «Пионер» в кварце, размер золотинок 0.5-1 мм; справа – формы выделений золота (протолочка), размер золотинок 0.02-1.5 мм. Фото А.Е. Казанцева.

Проба его колеблется от 650 до 880‰ в рядовых рудах и от 870 до 915‰ – в богатых. Отобранное нами в 2012 г. из рудного тела Андреевской зоны самородное золото имеет пробу в интервале 709.9 – 779.7‰, среднее из четырех анализов – 750.5‰.

Самородное золото в зоне окисления укрупняется, форма золотинок становится комковатой, пористой, дендритовидной, проволочковидной. Проба его повышается от 700-880‰ в рядовых рудах до 903-964‰ – в богатых.

Минералого-технологические исследования руд месторождения «Пионер» выполнялись в ФГУП «Тула НИГП», ФГУП «ВНИИХТ» (лаборатория ООО «Эконат-М»), ОАО «Иргиредмед», ЗИФ «Покровский рудник» в течение 2002-2007 гг. на нескольких технологических пробах окисленных и первичных (смешанных) руд. Масса проб составляла от 50 кг до 400 т (полупромышленные пробы).

Установлено, что руды месторождения «Пионер» принадлежат к двум технологическим типам:

легкоцианируемые – окисленные рядовые и богатые руды, независимо от степени их окисления пригодные для сорбционного цианирования с извлечением золота более 70%;

упорные первичные и смешанные рядовые руды, требующие применения сложных схем, включая флотацию, автоклавное окисление концентратов и последующее сорбционное цианирование со сквозным извлечением 84-86%.

Окисленные руды характеризуются высокой долей цианируемого золота (до 93.6%) и незначительным содержанием вредных примесей, обладают хорошими технологическими свойствами для прямого цианирования. Доля трудноизвлекаемого золота, ассоциированного в тонком виде в кварце, а также покрытого кислоторастворимыми пленками, составляет в среднем 10% (от 3.2 до 20%). Для переработки окисленных руд наиболее эффективно прямое сорбционное цианирование, позволяющее извлечь золото на 81.8-93.3%, а также кучное выщелачивание (извлечение 75.7-87.9%). Методы гравитационного и флотационного обогащения для окисленных руд месторождения «Пионер» неприемлемы по причине низкой эффективности. Лишь богатые окисленные руды зон «Апофиз-1», «Рудный Столб» и «Андреевская» в силу присутствия в них частиц крупного свободного золота эффективно обогащаются гравитационными методами с последующим цианированием. По результатам выполненных исследований для переработки данных руд рекомендуется гравитационно-цианистая технология, обеспечивающая сквозное извлечение золота на высоком уровне (95-96%).

Первичные (смешанные) руды имеют значительно меньшую степень окисления – от 35% до 65% и повышенное содержание сульфидов (1.5-3.5%). Общая доля трудноизвлекаемого для процесса прямого цианирования золота в рядовых первичных (смешанных) рудах составляет 26.5-72.5% (в зависимости от степени окисленности).

Упорный характер первичных (смешанных) рядовых руд предопределяет низкие показатели прямого сорбционного цианирования. Извлечение золота из руд этого типа не превышает 23.4-58.7%, из собственно первичных рядовых руд – 20-44%.

Эффективность гравитационного обогащения при переработке первичных (смешанных) руд несколько выше (в среднем 50.6%), чем при переработке окисленных руд. Флотационное обогащение первичных (смешанных) руд позволяет извлечь золото в концентрат на уровне 85.2-95.7%. При этом удается получать флотационный концентрат, содержащий 23.7-68.3 г/т золота и отвальные хвосты с массовой долей менее 0.3 г/т. Выход флотационного концентрата колеблется от 2.2 до 4.8%.

Прямое цианирование флотационных концентратов, даже после механической их активации и доизмельчения до крупности 100% класса -20 мкм при повышенных расходах цианида, не позволяет перевести в раствор более 42.2% (в среднем) благородных металлов. Следовательно, для извлечения золота из флотоконцентрата требуется применение окислительных методов вскрытия трудноизвлекаемого золота, ассоциированного с пиритом, и специальных технологических приемов – автоклавного окисления, окислительного обжига или бактериального окисления.

Результаты исследований показали, что после автоклавного окисления флотоконцентрата в течение 2 часов при температуре 180–200° С, подаче кислорода и при повышенном давлении извлечение золота в раствор при последующем цианировании отмытых от кислоты кеков составило от 92 до 98%. При окислительном обжиге флотоконцентрата при температуре 700°С в течение 4 часов и последующем цианировании извлечение золота составило 82.5-85.9%.

Для извлечения золота из первичных (смешанных) типов рядовых руд рекомендована технология флотационного обогащения с получением флотационных концентратов, подвергаемых доизмельчению, автоклавному вскрытию и последующему цианированию (Алексеев, Козырев, 2013). По указанному варианту прогнозируемое извлечение золота составляет 85.7-86.6%.

«Пионер» относится к месторождениям средних глубин золото-сульфидно-кварцевой формации. Запасы месторождения оцениваются в 111.4 т золота, при средних содержаниях 1.6 г/т. Прогнозные ресурсы могут быть сопоставимы с запасами (Золоторудные..., 2010). Добыча золота: 2008 г. – 4518 кг, 2009 г. – 6683 кг, 2010 г. – 6289 кг, 2011 г. – 12259 кг, 2012 г. – 10380 кг, 2013 г. – 9773 кг, 2014 г. – 9265 кг, 2015 г. – 6640 кг.

4.2. Средние месторождения

Месторождение «Бамское» расположено в Бамском рудно-россыпном узле Северной ветви Северо-Становой металлогенической зоны, на правом борту верховьев р. Чульбангро. Вмещающими породами являются гранитоиды чубачинского комплекса, содержащие многочисленные скиалиты гнейсов и кристаллических сланцев джигдалинской свиты архея. В юго-западной части Бамского рудного поля Чубачинский массив прорван мезозойскими гипабиссальными интрузиями и субвулканическими образованиями. Рудные тела структурно приурочены к кулисно-построенной системе разрывов, развитой в лежачем боку ориентированного субширотно Бамского сброса, ограниченного радиальными разломами Бамской кольцевой структуры (рис. 4.6).

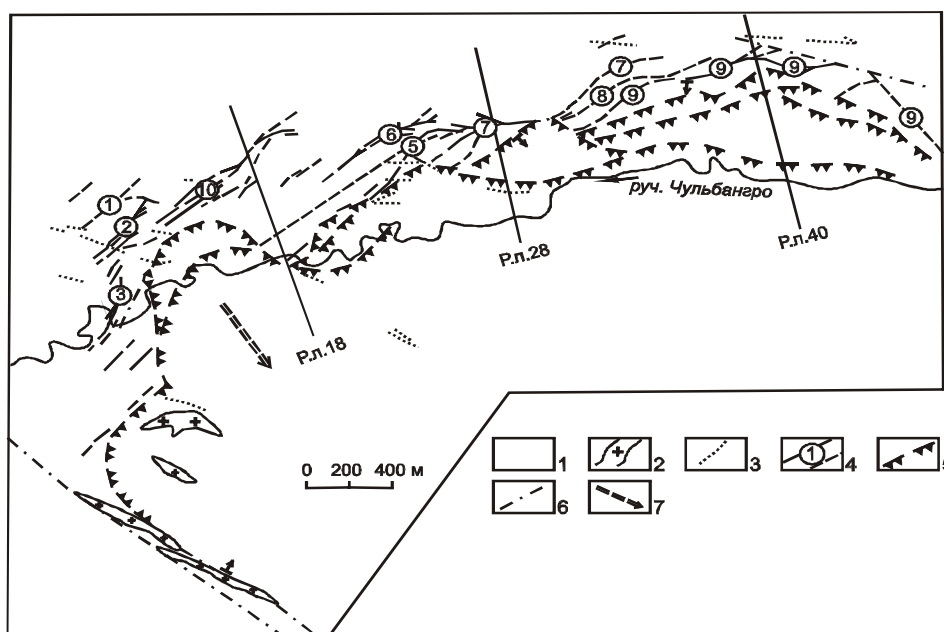


Рис. 4.6. Структурная схема месторождения «Бамское» (Степанов и др., 1998): 1 – гранито-гнейсы докембрия; 2 – кварцевые сиенит-порфиры невачанского комплекса; 3 – дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров раннего мела; 4 – рудные тела и их номера; 5 – плоскости сместителей зоны Бамского сброса; 6 – радиальный разлом; 7 – направление склонения осей синформных перегибов плоскости Бамского сброса.

Зона Бамского сброса состоит из серии параллельных, сочленяющихся и расходящихся разрывов в полосе шириной до нескольких сотен метров, прослеженной по простиранию на протяжении 4 км. Простирание разрывов в центральной части месторождения субширотное (азимут падения 150°-220°). На западном и восточном флангах зоны они изгибаются к югу, вследствие чего зона приобретает форму дуги. Углы падения меняются в различных частях зоны и у отдельных ее ветвей. Они колеблются от 20° до 80° (в среднем 30°-40°), отражая волнистые перегибы плоскости сместителя сброса.

Рудовмещающая структура месторождения представлена системой трещин северо-восточного, субмеридионального и субширотного простирания, приуроченной к лежащему боку рудозакранирующего Бамского сброса в пластине дислоцированных и гидротермально-измененных пород мощностью до 300 м. Пластина занимает подэкранную позицию. В изученной части месторождения она прослежена вдоль Бамского разлома на протяжении около 4 км. В ее пределах выявлено 14 основных рудных тел, контуры которых определяются по данным опробования. В ряде случаев они совпадают с карбонатно-кварцевыми жилами, но чаще рудными телами являются зоны прожилкового окварцевания и минерализованные линейные зоны динамометаморфизма, в которых кварцево-жильный материал составляет лишь часть общего объема минерализованных пород (Курник, 1992).

Морфологически рудные тела представляют собой удлиненные ленто- и линзообразные зоны жил и прожилков, осложненные флексурными изгибами по простиранию и падению. Как правило, они характеризуются значительными изменениями мощности, которая колеблется от долей до 3 м, а на отдельных участках достигает 10-11 м. Средняя мощность рудных тел составляет около 1.5-2.5 м, иногда – 3-5 м. Характер распределения в рудных телах промышленных концентраций золота определяется сложным сочетанием прожилкового окварцевания и жил, насыщенностью ими минерализованного пространства. Объем окварцованных пород обычно заметно превышает параметры рудных тел. Часто рудное тело сложено отдельными разобщенными кулисными жилами и зонками прожилкового окварцевания среди гидротермально измененных пород. Это приводит к появлению и чередованию в рудном теле участков с разной продуктивностью (рис. 4.7).

Околорудные метасоматиты детально изучались И.П. Щербанем (И.П. Щербань, 1995). Им выделены метасоматиты трех формаций: листвениты-березиты, гумбеиты и аргиллизиты, при наиболее широко развитых процессах березитизации вмещающих оруденение пород. Наиболее ранней по времени образования и высокотемпературной является формация гумбеитов. Процесс гумбеитизации ограниченно развит по одной из вмещающих оруденение пород – гранитам. Гумбеиты образуют неширокие (до первых десятков сантиметров) околорудные зоны. Установлена следующая схема зональности: неизменный гранит → зона серицитизации → зона калишпатизации. При этом происходил вынос Al, привнос K, Fe и CO₂.

Широко проявленный процесс лиственитизации – березитизации захватывает как граниты, так и метаморфические образования (гнейсы, амфиболиты). Мощность зон изменяется в широких пределах – от нескольких сантиметров до 1-10 м, редко – больше. Метасоматическая колонка изменений по гранитам и гнейсам состоит из следующих зон: неизменный гранит (гнейс) → зона серицитизации → зона карбонатизации → зона окварцевания. В процессе лиственитизации – березитизации возрастает роль Ca, K, SiO₂ и CO₂, при уменьшении Na, Mg, Fe и Al.

Аргиллизиты распространены ограниченно и не всегда ярко и полно проявлены. Они образуют зоны мощностью от 0.1-0.2 м до 1-5 м. Зоны аргиллизации выполнены рыхлыми глинистыми минералами с обильной (до 10%) вкрапленностью тонких кристаллов пирита. Типичная метасоматическая колонка имеет следующее строение: неизменный гранит → зона хлоритизации → зона серицитизации → зона устойчивости глинистых минералов. Сопоставление химических анализов показывает, что в процессе аргиллизации выносятся основные компоненты, кроме SiO₂ и CO₂.

Руды месторождения – от мало- до умеренносульфидных. Они имеют массивную, прожилковую, прожилково-вкрапленную или брекчиевую текстуру.

В составе нерудных компонентов преобладают кварц (65-80%), серицит (5-15%), карбонаты (2-10%), в небольших количествах отмечаются барит и флюорит. Количество сульфидов обычно не превышает 1-5%, но иногда достигает 5-10% и более. Среди них широко развиты пирит, халькопирит, галенит и золото, реже встречаются блеклая руда, сфалерит, шеелит, гессит, матильдит, акантит, петцит, алтаит, гессит, пираргирит, полибазит, буланжерит, антимонит, айкинит, пирротин, молибденит и киноварь.

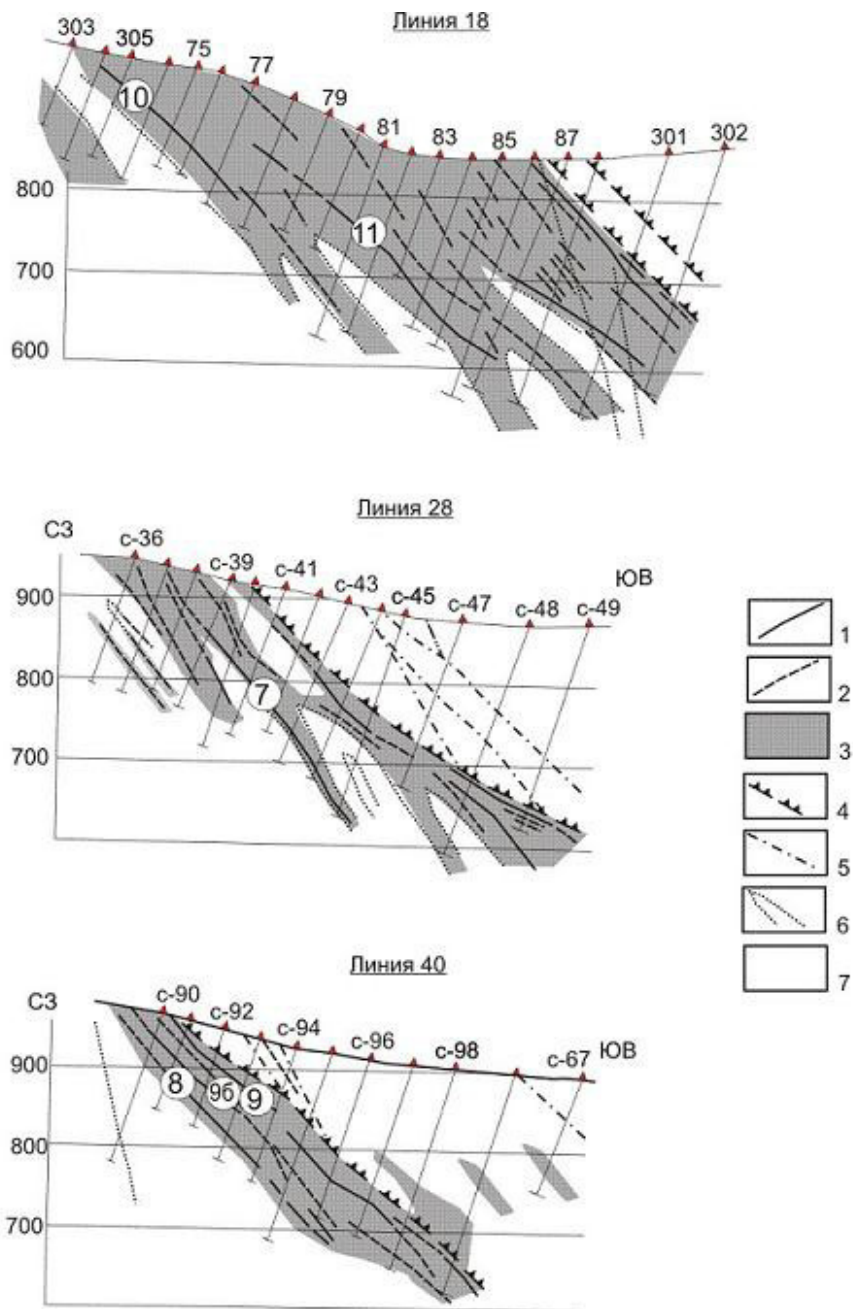


Рис. 4.7. Геологические разрезы рудных тел месторождения «Бамское»:
 1-2 – рудные тела: 1 – промышленные; 2 – забалансовые; 3 – метасоматиты; 4 – плоскость сместителя Бамского сброса; 5 – прочие разломы; 6 – дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров; 7 – гранитогнейсы.

Золото-серебряное отношение в рудах 1:3. Стадийность оруденения показана на рис. 4.8.

К предрудному этапу отнесена стадия березитизации. Рудный этап включает золото-сульфидную и золото-сульфидно-кварцевую стадии. С первой связаны золотоносные сульфиды, образующие вкрапленность в березитах. Золото-сульфидно-кварцевая стадия разделена на две подстадии: золото-кварц-полисульфидную и золото-серебро-теллуридную. Золото-кварц-полисульфидная наиболее продуктивна на золото.

ЭТАПЫ	ПРЕДРУДНЫЙ	ЗОЛОТОРУДНЫЙ		ПОСТРУДНЫЙ	ГИПЕРЕННЫЙ
Стадии	Березитовая	Золото-сульфидная	Золото-сульфидно-кварцевая	Кварц-карбонатных прожилков	Слабого окисления
Подстадии	Пирит-анкерит-серцит-кварцевая	Золото-сульфидно-серцит-анкерит-платосса	Золото-кварц-пирит-сульфидная	Золото-серебро-теллуридная	Каолинит-гетитовая
Кварц					
Мусковит-серицит					
Полевые шпаты					
Хлорит					
Турмалин					
Анкерит					
Кальцит					
Барит					
Пирит					
Гематит					
Халькопирит					
Сфалерит					
Марказит					
Галенит					
Шеррит					
Пирротин					
Белая оуда					
Антимонит					
Булакекрит					
Пираргирит					
Акинит					
Молибденит					
Полубазил					
Тетрадимит (теллурид Bi)					
Гезал (теллурид Ag)					
Петцит (теллурид As)					
Антаит (теллурид Pb)					
Золото самородное					
Серебро самородное					
Авантит					
Церусит					
Англезит					
Каолинит					
Ярзин					
Лимонит					
Гетит					
Коваллин					
Борнит					
Малахит					
Азурит					
Гидрасульфид Mn					

Рис. 4.8. Схема минералообразования месторождения «Бамское».

Золото-серебро-теллуридная является завершающей в рудном процессе, отложение ее минералов происходило в низкотемпературных условиях. Обе подстадии тесно связаны, минералы их обычно телескопированы в единых рудных телах. К пострудным отнесены кальцитовые прожилки.

Золото тонкое и дисперсное. В протолочках отмечаются выделения от пылевидных до 0.8x0.65 мм, обычно 0.15-0.4 мм. Проба от 629 до 961‰, средняя – 782-869‰. Форма золотин интерстиционная, в виде комочков, дендритов, пластинок, реже проволоочек (рис. 4.9).

Нередко наблюдаются сростания золота с халькопиритом и галенитом. Иногда золото и гессит выполняют трещинки в кристаллах раннего пирита, при этом золото образует прожилки в гессите (рис. 4.10). Но чаще золотинки микронных размеров рассеяны в серицит-кварцевой матрице. В зоне окисления поверхность золота нередко покрыта гидроксидами железа.

Геохимический спектр рудных тел представлен следующим рядом элементов: Au-Ag-W-Cu-Bi-Mo-Pb-Mn, ранжированных по уменьшению коэффициента концентрации. Эпизодически в рудах отмечается повышенное содержание сурьмы. Большинство перечисленных элементов характеризуется крайне неравномерным распределением, их вариации достигают 100-200% и более, что типично для зон интенсивного перераспределения вещества (Данилов, 1995).

По относительному накоплению элементов в разных сечениях рудных тел месторождения установлен следующий ряд горизонтальной зональности: W-Mo, Pb, Bi-(As)-Sb-Cu, Ag.

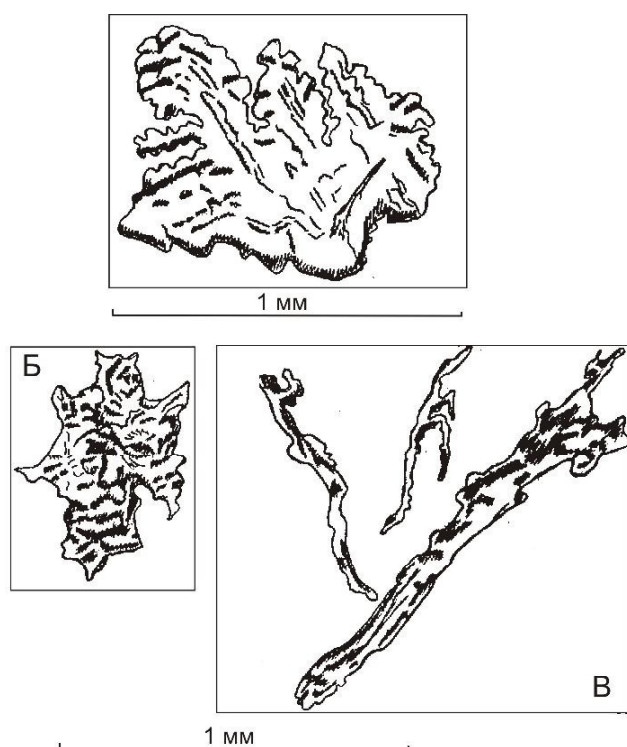


Рис. 4.9. Формы самородного золота из руд месторождения «Бамское»: А – дендритовидная; Б – интерстиционная; В – проволочковидная.

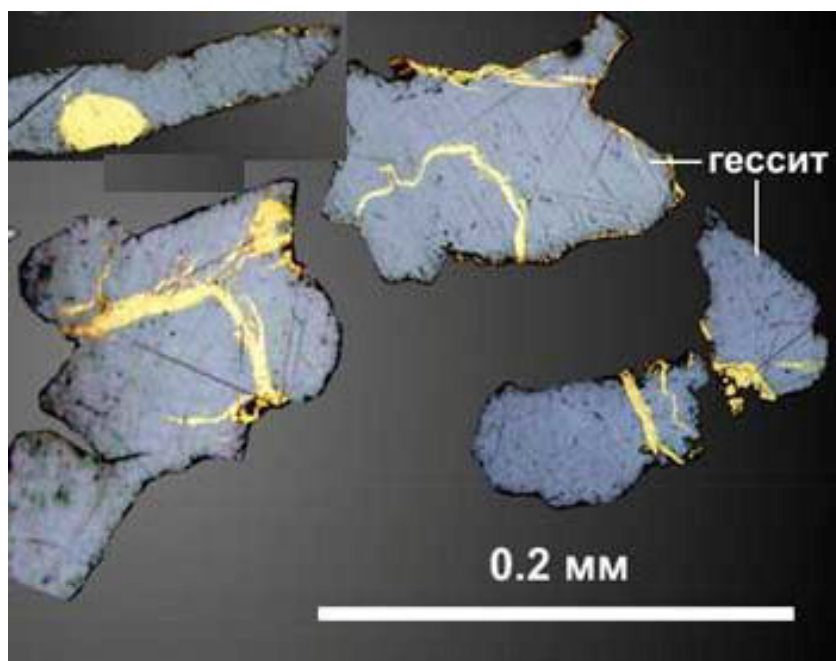


Рис. 4.10. Прожилки золота в гессите (аншлиф). Фото В.К. Белова.

Этот ряд отражает, во-первых, смену по латерали с запада на восток относительно высокотемпературной золотовольфрамовой минерализации золотосульфидной и затем относительно более низкотемпературной золотосульфосольной. Во-вторых, свидетельствует об уменьшении уровня эрозионного среза месторождения с запада на восток.

Полученный ряд зональности в целом аналогичен обобщенному ряду зональности месторождений золотовольфрамового типа (Рундквист, Нежинский, 1975).

В приповерхностных частях месторождения происходит относительное накопление висмута, серебра, марганца, цинка и особенно интенсивно – сурьмы. Золото-серебряное отношение с глубиной permanently возрастает, что свидетельствует об относительном накоплении серебра в верхнем горизонте месторождения. Наоборот, содержание молибдена с глубиной увеличивается. Своеобразно ведут себя вольфрам, свинец и медь. Первые два элемента имеют отчетливые максимумы концентрации на верхнем и нижнем горизонтах, а медь – на среднем. Таким образом, в разрезе месторождения элементы располагаются в следующем порядке (снизу вверх): (W_1, Pb_1, Mo)-Cu-(Ag, Bi, Sb, Mn, W_2, Pb_2). Два уровня относительного накопления вольфрама свидетельствуют, вероятно, о полистадийности образования шеелита, а свинца – о возможной смене минеральной формы этого элемента (галенит - зандбергит, айкинит).

Детально изучена вертикальная зональность рудного тела 7, не выходящего на поверхность (рис. 4.11).

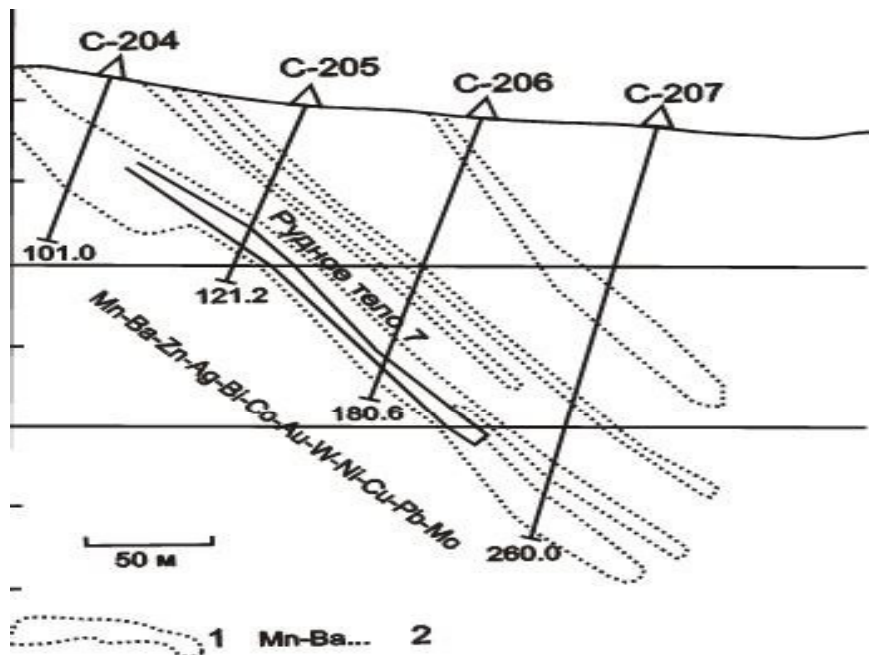


Рис. 4.11. Геохимическая зональность рудного тела (Данилов, 1995):

1 – ореолы гидротермально-метасоматических изменений; 2 – ряд зональности элементов-индикаторов.

Скважинами пересечены как собственно рудное тело, так и его надрудный и подрудный ореолы. Обработка анализов геохимических проб проведена по стандартной методике. Получен следующий ряд вертикальной зональности (снизу-вверх): Mo-(Au, Ag, W, Pb, Cu, Zn, Bi, Ni, Co)-(Mn, Ba). Он свидетельствует об относительном накоплении в надрудной части марганца и бария, а в подрудной – молибдена. Определение градиентов накопления элементов позволило сформировать окончательный ряд осевой зональности рудного тела в следующем виде: Mo-Pb-Cu-Ni-W-Au-Co-Bi-Ag-Zn-Ba-Mn. Для оценки уровня эрозионного среза золотого оруденения могут быть использованы следующие коэффициенты зональности: $AgMnBa/Mo^3$ и $AgMn/MoPb$.

Технологические свойства руд Бамского месторождения изучались на лабораторных и полупромышленных (до 5.5 т) пробах с 1991 г. Всего отобрано и изучено 39 проб (15 проб в период 1991-2001 гг. и 24 – в период 2005-2008 гг.). Наиболее представительны работы ОАО «Иргиредмет» и ФГУП «ЦНИГРИ». Результаты изучения показывают, что первичные руды относятся к одному технологическому типу и могут перерабатываться

по единой технологической схеме. Золото Бамского месторождения является легкоцианируемым и легкоизвлекаемым, несмотря на тесную его связь с сульфидами. Это определяется тем, что степень вскрытия золота высокая – преобладают свободные зерна и сростки. Более 70% зерен имеют размеры от 5 до 20 мкм. Таким образом, массовая доля доступного для цианирования золота достаточно высока. Предпочтительной из показанных технологических схем является гравитационно-цианистая, обеспечивающая наиболее полное извлечение золота – в среднем более 90%, а также извлечение серебра – в среднем 80-85%.

Формирование руд месторождения связано со становлением и развитием Бамского вулканоплутонического поднятия. Парагенетическая связь золото-серебряного оруденения с субвулканическим интрузивным комплексом отчетливо просматривается и определяется тем, что рудоносная зона Бамского месторождения находится в надинтрузивной зоне Невачанского плутона раннемелового возраста. Оруденение отчетливо моложе интрузии сиенит-порфиров, поскольку золотоносные кварцевые жилы и зоны березитизации, аналогичные рудоносным, обнаружены в пределах этой интрузии западнее месторождения. В то же время более поздние дайки диоритовых порфиритов и лампрофиров раннего мела пересекают рудные тела 1, 2, 5, 10 и 10а Бамского месторождения, определяя верхнюю возрастную границу оруденения. Положение золото-серебряного оруденения в возрастной вилке интрузивного и дайкового раннемеловых комплексов однозначно определяет его возраст.

Изотопно-геохронологическое изучение мономинеральных проб мусковита, кальцита и флюорита из руд Бамского месторождения и рудопоявления «Дес» проведено Rb-Sr-методом в отделе изотопной геологии ВСЕГЕИ. Определение содержания рубидия и стронция, а также изотопного состава стронция выполнялось на приборе МИ-1201Т. Изотопный возраст мусковита из руд Бамского месторождения оказался равным 130.6 млн.лет. Возраст формирования мусковита рудопоявления «Дес» составляет 126.8 млн. лет. Рассчитана единая изохрона для обоих объектов с параметрами: $T=129\pm 3.6$ млн. лет (рис. 4.12).

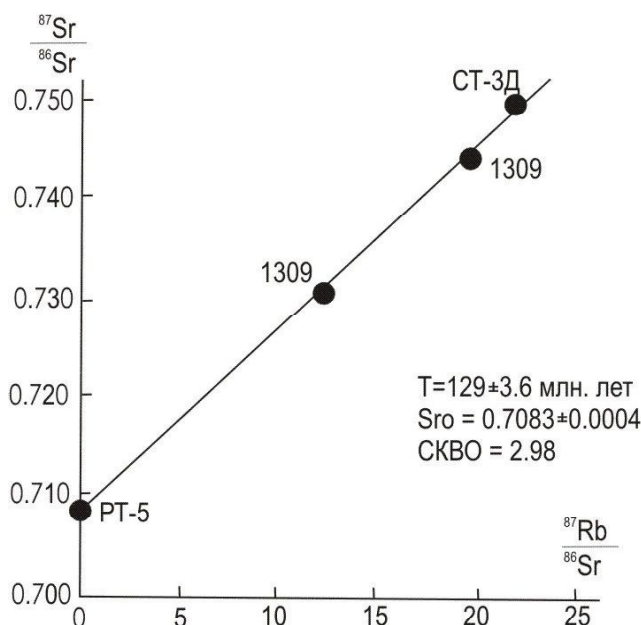


Рис. 4.12. Rb-Sr-график для минералов месторождения «Бамское» и рудопоявления «Дес».

Утвержденные МПР РФ запасы месторождения по категориям C_1+C_2 составляют на 01.01.1998 г. 73 т золота и 211.7 т серебра. По суммарным запасам и прогнозным ресурсам месторождение перешло в разряд крупных. В 2000-2001 гг. велась пробная

эксплуатация месторождения методом кучного выщелачивания, добыто 514 кг золота. По Бамскому месторождению имеется монография (Степанов и др., 1998).

Месторождение «Кировское» расположено в северо-западной части Соловьевского рудно-россыпного узла Янканской металлогенической зоны, в истоках р. Джалинда. В геоструктурном плане оно приурочено к эндо- и экзоконтакту Джалиндинской интрузии гранитов и гранодиоритов верхнеамурского раннемелового комплекса, внедренной в терригенные толщи Стрелкинской приразломной впадины (рис. 4.13).

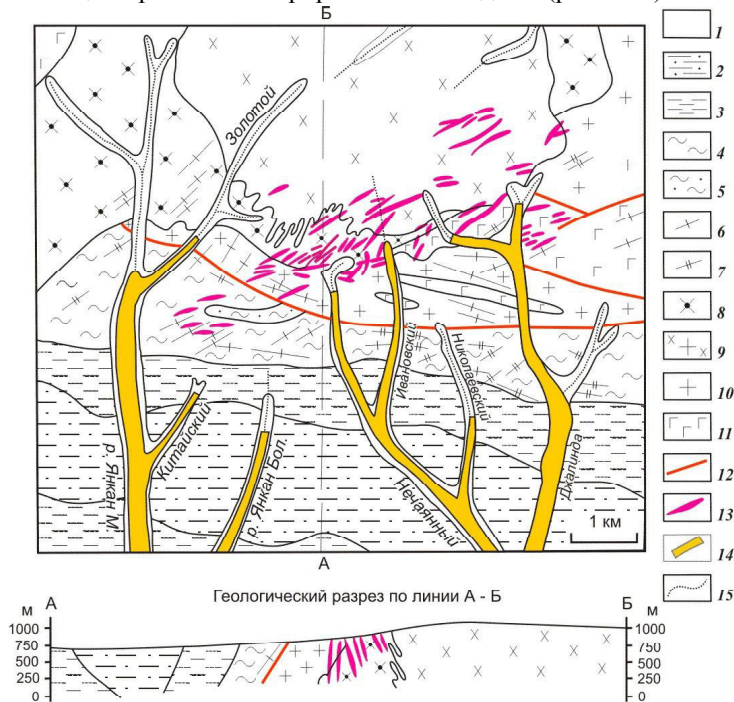


Рис. 4.13. Кировское золоторудное месторождение (Минерально-сырьевая база..., 2000):

1 – аллювиальные пески, галечники, гравий голоцена; 2–3 – стрелкинская толща, 2 – верхняя пачка: конгломераты и гравелиты с прослоями песчаников и алевролитов; 3 – нижняя пачка: песчаники с прослоями углистых алевролитов, 4-5 – долохитская толща, 4 – верхняя пачка: песчаники и алевролиты с прослоями туфогенных конгломератов, гравелитов и туфов риодацитов; 5 – нижняя пачка: песчаники и углистые алевролиты; 6–7 – дайки нижнего мела; 6 – диоритовые порфириты; 7 – гранодиорит-порфиры; 8-9 – верхнеамурской комплекс нижнего мела: 8 – гранодиориты второй фазы, 9 – кварцевые монзониты и кварцевые диориты первой фазы; 10 – граниты и гранодиориты верхнего архея; 11 – габбро, габбро-анортозиты, анортозиты нижнего архея; 12 – разломы; 13 – золоторудные жилы; 14 – россыпи золота; 15 – водотоки.

Месторождение открыто в 1884 г. Верхне-Амурской компанией и эксплуатировалось отдельными предпринимателями. В 1930-31 гг. была произведена переразведка, после чего началась добыча золота Соловьевским приисковым управлением треста «Амур-золото» (Самусин, Самусина, 1970). С 1934 по 1961 г. добыто около 9.4 т золота, при среднем его содержании в руде 8.5 г/т.

Оруденение представлено золотоносными кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами, приуроченными к южным эндо- и экзоконтактам Джалиндинской гранитоидной интрузии. Большинство исследователей формирование Кировского месторождения генетически связывает с внедрением этой интрузии. Но рудоносной системой служит пучок даек диоритовых порфиритов и гранодиорит-порфириров раннего мела и парагенетически связанных с ними золотоносных кварцевых и сульфидно-кварцевых жил субширотного и северо-восточного направления, совпадающих с простиранием главных разрывных нарушений. Эпицентр даек и рудных

тел находится в истоках руч. Правая Джалинда, на южной окраине Джалиндинского массива.

На месторождении известно, по разным источникам, от 310 до 500 золоторудных жил, из которых разведана 71, эксплуатировалась на золото – 31 жила (А.В. Зуев и др., 1996). Наиболее богатые рудные тела располагаются на пересечении разломов северо-восточной и субширотной ориентировки. Выделяются два типа рудных тел: золото-сульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны субширотного простираения и малосульфидные золото-кварцевые жилы северо-восточной ориентировки. Золото-сульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны располагаются преимущественно в южной части месторождения. Они сложены кварцем, карбонатами, серицитом и сульфидами, количество которых нередко достигает 10-15%. Среди них преобладают сфалерит, галенит и халькопирит. Золото мелкое и тонкое. Проба его составляет 850-864‰. Околорудные изменения представлены березитизацией и аргиллизацией.

Во вторую группу входят основные рудные тела – протяженные (400-650 м), прослеженные на глубину до 350 м кварцевые жилы мощностью от 0.1-0.3 до 3-4 м. Околорудные изменения представлены березитизацией. Из жильных минералов преобладает кварц, менее развиты карбонаты, полевой шпат и серицит. Среди рудных минералов, количество которых не превышает 3-5%, преобладают пирит, арсенопирит, висмутин, халькопирит и золото. Реже встречаются сфалерит, галенит, блеклые руды, магнетит, буланжерит, молибденит, шеелит и самородный висмут. Золото свободное, крупных размеров, нередко встречаются самородки массой до 10-15 г. Проба его высокая – 924-953‰ (Гуров, 1971).

При более поздних исследованиях состава руд месторождения выявлена трехстадийная модель последовательности формирования золотосодержащих минеральных ассоциаций в рудах Кировского месторождения.

В первую стадию отлагались шеелит-сульфидно-кварцевые руды, среди которых выделены молибденит-шеелит-кварцевая и шеелит-халькопирит-кварцевая ассоциации.

Во вторую стадию формировались сульфидно-кварцевые руды, представленные пирит-арсенопирит-кварцевой, халькопирит-карбонатно-кварцевой и золото-висмутин-кварцевой ассоциациями.

В третью стадию образовались жилы и микропрожилки с Cu-Ni и Sb-Co минерализацией, пространственно ассоциирующие с дайками долеритов. Они представлены пентландит-халькопирит-кварцевой и арсенопирит-глаукоdot-кварцевой ассоциациями. Взаимоотношение отдельных минералов показано на рис. 4.14.

Самородное золото на Кировском месторождении представлено тремя генерациями. Первая, высокопробная генерация самородного золота (проба более 900‰), наиболее распространена в рудах месторождения и пространственно ассоциирует с ранней висмут-теллуридной минерализацией. Вторая генерация золота (проба от 750 до 850‰) ассоциирует с халькопирит-блеклорудной минерализацией. Третья низкопробная (менее 700‰) генерация самородного золота установлена только в рудах, где проявлена сложная многометалльная Co-Ni-Cu-Ag-Sb минерализация (Гвоздев и др., 2013).

Месторождение отнесено к золото-висмутовому жильному типу золото-сульфидно-кварцевой формации. Наличие на месторождении сотен золоторудных жил с крупным золотом – важный фактор россыпеобразования.

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb/Sr методом по рудосопровождающим минералам (серицит, кальцит) продуктивных стадий минерализации в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на масс-спектрометре МИ-1201Т. Образцы для исследования были отобраны по жилам № 232, Немецкой и Толстой. Параметры изохрон вычислены по программе ИЗОПЛОТ (рис. 4.15).

Изохроны рудосопровождающих минералов укладываются в интервал 131-126 млн. лет. Средний их возраст равен 128.3 млн. лет, что отвечает готеривскому ярусу раннего мела (Моисеенко, Степанов, Шергина, 1999).

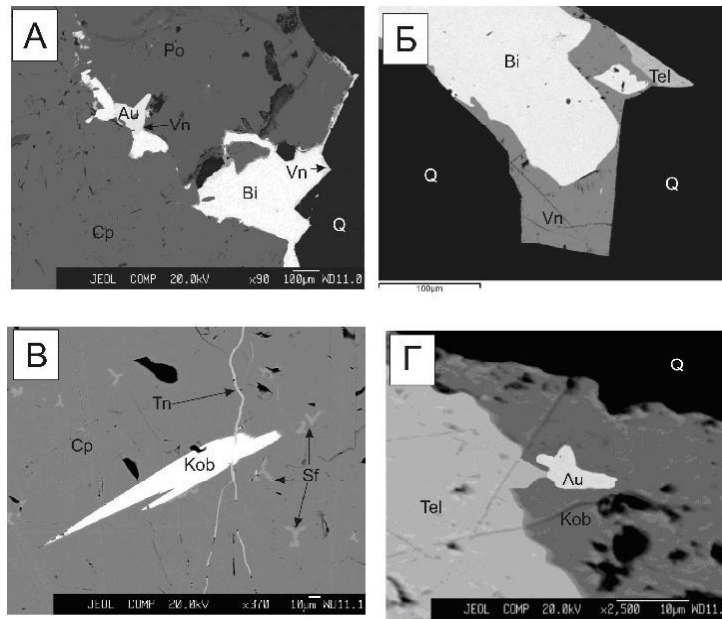


Рис. 4.14. Характерные взаимоотношения минералов в рудах Кировского месторождения. Снимки в отраженных электронах (фото В.И. Гвоздева):

А – шеелит-кварцевые жилы, вкрапленники висмутовых минералов и самородного золота по границе зерен пирротина и халькопирита, вокруг висмутовых минералов каёмки с глаукодомом и ульманитом; Б – шеелит-кварцевые жилы, срастания самородного висмута с висмутином и Se-содержащим сульфотеллуридом выполняют интерстиции зёрен кварца; В – халькопирит-кварц-карбонатные жилы. Халькопирит со звездчатой вкрапленностью сфалерита и микропрожилком теннантитового состава, который пересекается пластинкой кобеллита; Г – халькопирит-кварц-карбонатные жилы, срастания кобеллита с тетрадимитом и самородным золотом; Po – пирротин, Sf – сфалерит, Kob – кобеллит, Tel – сульфо-теллурид, Tn – теннантит, Bi – самородный висмут, Vn – висмутин, Au – самородное золото, Q – кварц.

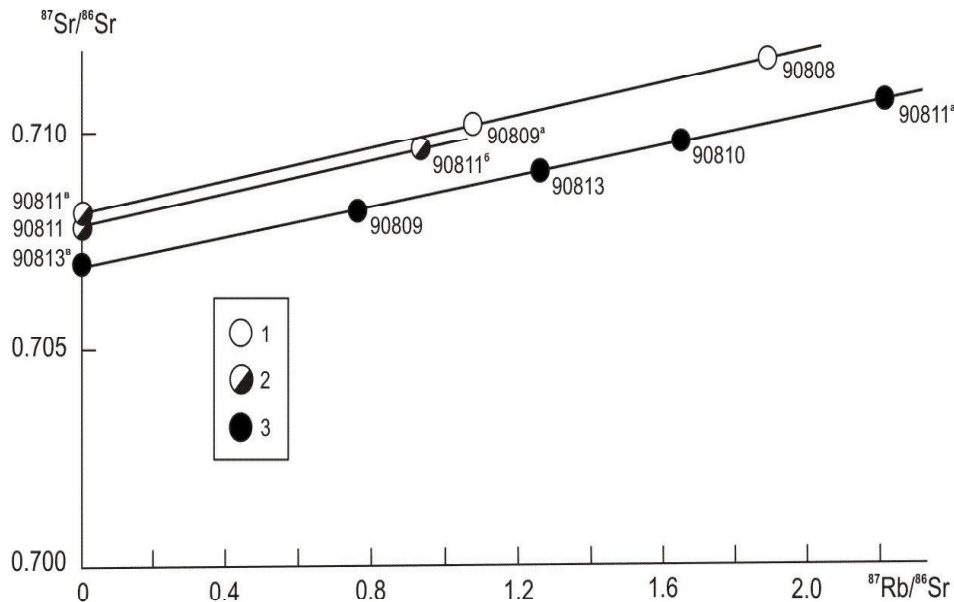


Рис. 4.15. Rb-Sr-изохронные графики рудосопровождающих минералов Кировского месторождения (Моисеенко, Степанов, Шергина, 1999): 1 – ранняя; 2 – средняя; 3 – поздняя стадии минералообразования.

Этот возраст практически совпадает с изотопным возрастом пород Джалиндинского гранитного интрузива, определенным U-Pb методом по цирконам в 125.44 ± 0.69 млн. лет (Вах и др., 2013), 125 ± 2 млн. лет (В.В. Кошеленко и др., 2010), а также K/Ar методом в 117-135 млн. лет (А.В. Пипич и др., 1986).

Государственным балансом на 1.01.2009 г. учтены запасы золота Кировского месторождения категории C_1 – 409 кг, C_2 – 2323 кг, забалансовые – в количестве 821 кг. Прогнозные ресурсы золота категории P_1 составляют 10 т, при среднем содержании 7 г/т. В настоящее время завершается дооценка месторождения, которая, очевидно, уточнит прогнозные ресурсы объекта (Л.В. Савенко, 2011).

4.3. Мелкие месторождения

Месторождение «Александра» расположено в Пионерском рудном поле Улунгинского рудно-россыпного узла Северо-Бурейнской металлогенической зоны, в бассейне нижнего течения реч. Алкаган (рис. 4.16).

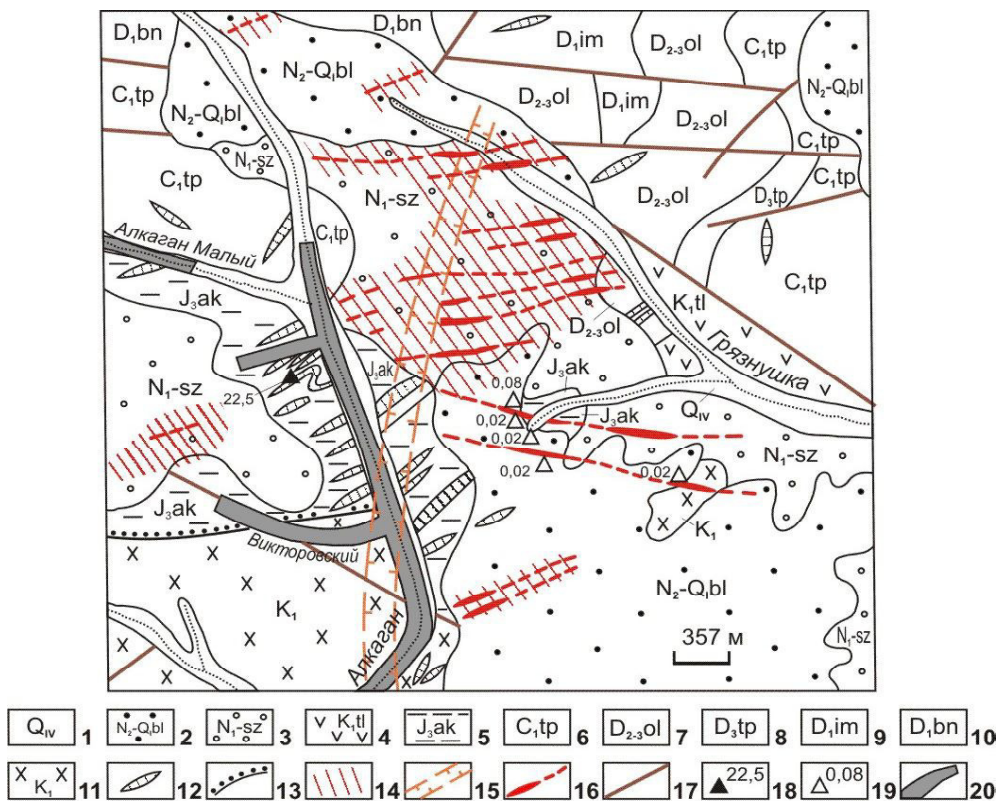


Рис. 4.16. Месторождение «Александра» (Е.В. Дмитренко, 2015):

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – белогорская свита: песчно-гравийно-галечные отложения; 3 – сазанковская свита: пески каолинсодержащие; 4 – талданская свита: андезиты, андезибазальты, дациты, базальты, диабазы; 5 – аякская свита: песчаники, алевролиты, туфы, угли; 6 – типаринская свита: песчаники, алевролиты, алевро-аргиллиты; 7 – ольдойская свита: аркозовые печники, кварцитовидные песчаники, гравелиты; 8 – тепловская свита: алевролиты, песчаники, аргиллиты; 9 – имачинская свита: известняки, песчаники, алевролиты; 10 – больше-невская свита: песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки; 11 – верхнеамурский комплекс: гранодиориты, гранодиорит-порфиры, граниты, гранит-порфиры; 12 – дайки кварцевых диоритов, диоритов, диоритовых порфиров; 13 – роговики; 14 – кварц-гидрослюдистые метасоматиты; 15 – зона повышенной проницаемости и метасоматоза; 16 – золотоносные зоны под рыхлыми отложениями; 17 – разломы; 18 – штуфные пробы из забоя канав с содержанием золота в г/т; 19 – штуфные пробы из элювия-делювия содержаниями золота в г/т; 20 – россыпи золота.

Вмещающими породами являются верхнеюрские песчаники и алевролиты, прорванные интрузиями гранит-порфиров магдагачинского позднеюрского комплекса, раннемеловыми гранодиоритами и диоритовыми порфиритами. Породы перекрыты отложениями сазанковской и белогорской свит (глины, пески). Минимальная их мощность 5-8 м установлена в долине руч. Алкаган и к западу от него, максимальная – 40 м к востоку от ручья.

Общая протяженность рудоносного интервала 1800 м (в том числе Главной зоны месторождения – 600 м), простирается от субширотного до юго-восточного (90-110°), падение южное, юго-западное до вертикального, под углами 75-90°. На севере зона ограничена пострудным разрывным нарушением с вероятной амплитудой перемещения не менее 200 м. Нарушение представлено тектонической глиной трения с обломками метасоматитов. Ориентировка его – от субширотной до юго-восточной. Юго-восточный интервал золотоносной зоны перекрыт отложениями белогорской свиты. Рудная зона локализована в висячем крыле нарушения. В лежачем боку содержания золота непромышленные. Нарушение представляет собой надвиговую (возможно сбросо-сдвиговую) структуру с наклоном сместителя на юг под углами 50°-60°. В аллохтоне надвига отмечается большое количество зеркал скольжения. Морфология зоны сложная по простираению и падению и представляет собой линейное с раздувами штокверкообразное тело с резкими изменениями мощностей (при бортовом содержании золота 0.4 г/т) от первых метров до 92.9 м и более. На западе зона выклинивается, на востоке разветвляется на серию зон субширотного, юго-восточного направления.

Рудоносная зона сложена гидротермально измененными (серицитизированными, хлоритизированными) породами, кварц-серицитовыми метасоматитами (часто с остаточной реликтовой порфировой структурой гранодиоритов и гранит-порфиров), рассеченными извилистыми, иногда прерывистыми кварцевыми и карбонат-кварцевыми прожилками. По падению минерализация сопровождается зонами дробления (мощностью до 2-10 м) и кварцевыми брекчиями мощностью от 0.1 до 4.5 м, иногда тектоническими брекчиями мощностью до 18 м. Из рудных минералов присутствует пирит в количестве 2-3%. Он распространен в виде гнезд, просечек, вкрапленности по основной массе и прожилков.

По степени изученности, морфологии, содержаниям золота зона условно разделена на два фланга – западный и восточный. Западный фланг зоны прослежен скважинами на протяжении 600 м. Протяженность наиболее обогащенного участка его 250 м, максимальный размах оруденения по вертикали составил 130-150 м. Содержания золота колеблются от 0.4 до 5 г/т, в единичных пробах достигают 7.9-9.5 г/т. Мощность перекрывающих рыхлых отложений 5-20 м.

В пределах западного фланга проведено технологическое картирование. Руды легкообогащаемые (по 50% полученных результатов), извлечение составило 70.27-96.95% в интервалах глубин от 5.5 до 133.1 м.

С целью уточнения технологических свойств руд и выбора оптимальных параметров обогащения отобраны и исследованы две укрупненные лабораторные пробы – УЛ-13 и УЛ-14. По схеме сорбционного цианирования руды сквозное извлечение золота составило 90-91%. Извлечение серебра в готовую продукцию не превышает 5-7%. Балансовые запасы по категории C₂ составили: руды – 1370 тыс. т, золота – 2011.3 кг при средних содержаниях 1.47 г/т; забалансовые запасы (в контуре карьера) категории C₂ по борту 0.4 г/т – руды – 1480.8 тыс. т, золота – 895.5 кг, при средних содержаниях 1.47 г/т; забалансовые запасы (за контуром карьера) категории C₂ руды – 1061.4 тыс. т, золота – 1324.5 кг, при средних содержаниях 1.47 г/т.

Восточный фланг зоны прослежен 9 перекрытыми разрезами скважин, пройденными через 320-80 м по простираению между на протяжении 1200 м. Здесь выявлена зона кварцевых брекчий, местами переходящая в зону прожилковой кварц-карбонатной минерализации юго-восточного простираения. Максимальные параметры рудных сечений при бортовом содержании золота 0.8 г/т составили: 3.51 г/т на 3.1 м; 2.75 г/т – на 4 м; 1.39 г/т – на 14 м; 1.58 г/т – на 7.6 м; 4.66 г/т – на 3,1 м. Максимальные содержания золота

в рядовых пробах достигают 17.1 г/т. Прогнозные ресурсы категории P_1 легкообогатимых руд на протяжении 1200 м, при вертикальном размахе оруденения 100 м, составят 2500 тыс. т руды, золота – 3550 кг. Оруденение отнесено к золото-сульфидно-кварцевой формации (Е.В. Дмитренко, 2015). Добыча золота: 2014 г. – 681 кг, 2015 г. – 700 кг.

Месторождение «*Анатолевское*» расположено в Тыгдинском рудно-россыпном узле Гонжинского рудного района Северо-Буреинской металлогенической зоны, в верховьях руч. Двойного, левого притока р. Тыгда, в 5-6 км восточнее станции Тыгда Транссибирской магистрали. Названо в честь геолога Зейской ГСЭ Анатолия Аврамовича Шейкина.

Месторождение выявлено в 1979-1980 гг. при проведении геологической съемки масштаба 1:50000 (Я.Н. Жилич и др., 1982). В штучных пробах, отобранных из аллювия и делювия, установлено содержание золота 0.01-20 г/т. В 1981-1984 гг. на площади месторождения Зейским участком были проведены поисковые работы (Н.Г. Коробушкин и др., 1985). Установлена субмеридиональная зона прожилкового окварцевания с редкими маломощными, не выдержанными по простиранию кварцевыми прожилками. Содержание золота – 1-10 г/т. В 1986-1988 гг. проведены дополнительные поисковые работы (А.П. Захаров, 1989). При этом вскрыта зона прожилкового окварцевания с содержанием золота 0.2-5 г/т.

В 2005-2011 гг. ОАО «Покровский рудник» провело поисково-разведочные работы с подсчетом запасов. Установлено, что месторождение приурочено к приконтактной части Тыгдинского интрузивного массива, сложенного гранитоидами верхнеамурского комплекса (рис. 4.17).

Вмещающими породами служат верхнеюрские терригенные образования аякской свиты, представленные песчаниками и алевролитами. Они слагают восточное крыло купольной структуры, образованной интрузивным массивом, и имеют юго-восточное падение под углом 15-25°. Терригенные породы прорваны апофизой гранодиоритов верхнеамурского комплекса и дайками крупнопорфировых гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров. Дайки имеют в плане узкую линзовидную форму с шириной выхода до 10-40 м и протяженностью до 200 м (В.П. Прокопенко и др., 2011).

Золотое оруденение представлено зонами прожилкового окварцевания субмеридионального простирания, приуроченными к местам развития даек гранит-порфиров. В зонах находятся многочисленные, не выдержанные по простиранию (от 20-40 до 100 м) и мощности (от 0.5 см до 1.2 м) кварцевые жилы и прожилки. Окварцованы преимущественно песчаники и алевролиты, в меньшей степени гранодиориты. Кварц в жилах и прожилках светло-серый тонкозернистый, полупрозрачный. Мощность зон окварцевания – до 300 м.

Повсеместно развита зона окисления. Мощность ее – от 1-5 до 30 м. Окисленные руды развиты как с поверхности, так и до глубины 56 м. Граница зоны окисления принята условно по нижней границе развития гидроксидов железа и марганца. Зона дезинтеграции пород развита значительно глубже зоны окисления.

Первичные руды сложены песчаниками мелко-тонкозернистыми до алевролитов с незначительным количеством материала даек гранодиоритов, реже – гранит-порфиров. Породы неравномерно аргиллизированы, окварцованы и серицитизированы. Иногда руды катаклазированы и брекчированы. Имеются брекчии на кварцевом цементе. Брекчии состоят из обломков гранит-порфиров, песчаников, гранодиоритов; цемент – водянисто-белый полупрозрачный и водянисто-серый прозрачный кварц. Отмечаются прожилки кварц-кальцитового и чисто кальцитового состава, а также слабая карбонатизация по массе породы. В нижних частях разреза руды неравномерно карбонатизированы и хлоритизированы до кварцевых и серицит-кварцевых метасоматитов с примесью доломита.

Количество рудных минералов меняется от 3-5% до 10% объема породы. Среди них преобладает пирит. Реже наблюдаются магнетит, галенит, халькопирит, пирротин и молибденит. Пирит кубического или пентагондодекаэдрического габитуса, с размером кристаллов до 1-2 мм.

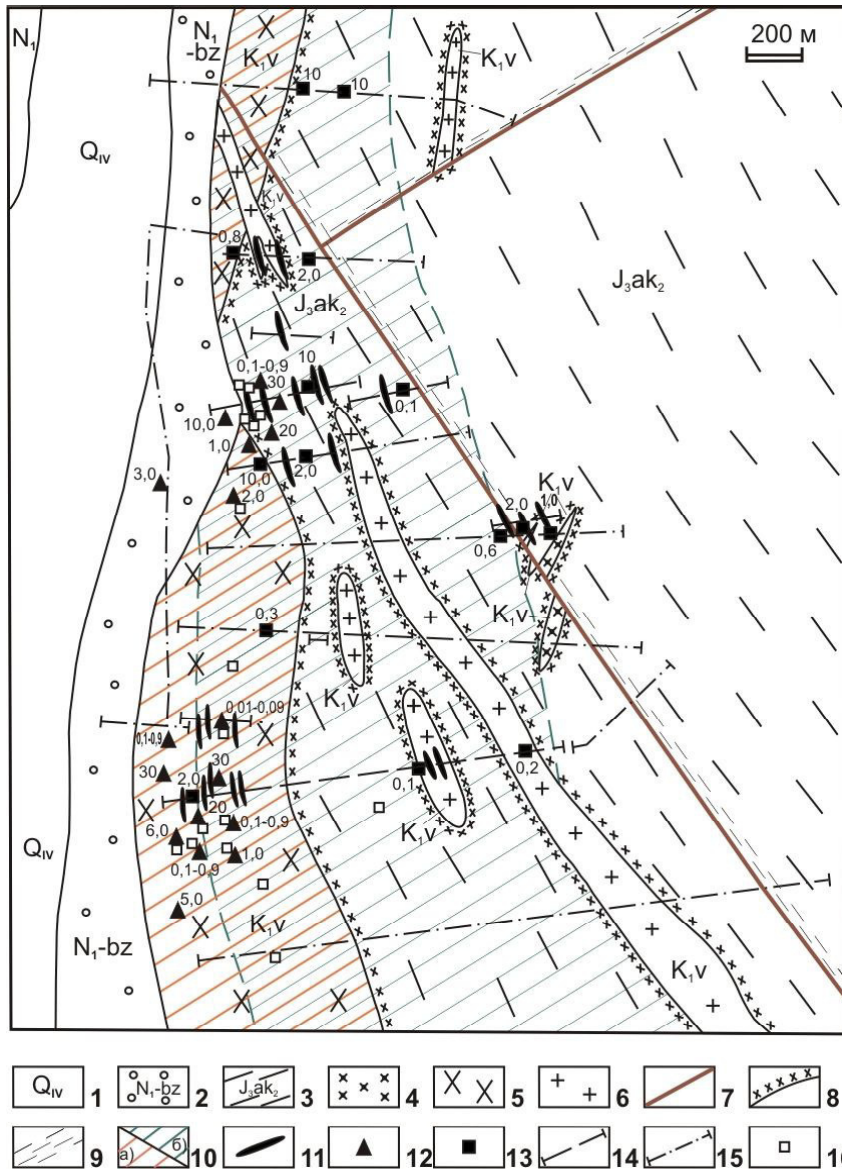


Рис. 4.17. Анатолевское золото-серебряное месторождение
(В.П. Прокопенко и др., 2011):

1 – аллювиальные пески с гравием, алевриты, илы; 2 – бузулинская свита: пески, глины; 3 – аяская свита: песчаники полимиктовые мелко- и среднезернистые, прослой алевролитов; 4 – гранодиорит-порфиры; 5 – гранодиориты; 6 – гранит-порфиры; 7 – разломы; 8 – контактовые роговики; 9 – зоны рассланцевания; 10 – зоны аргиллизации (а), окварцевания (б); 11 – кварцевые жилы и прожилки; 12 – штупные пробы с содержанием золота, г/т; 13 – керновые пробы с содержанием золота, г/т; 14 – линии магистральных и разведочных канав; 15 – линии скважин; 16 – шурфы.

Кроме того, встречается тонкокристаллический пирит в виде «сыпи» в массе пород. Выделяются нитевидные прожилки кварц-пиритового или пиритового состава. Халькопирит и пирротин представляют собой редкие вкрапленники или ксеноморфные выделения в пирите. Размер этих минералов – 0.01-0.8 мм.

Окисленные руды представлены в различной степени выветрелыми дресвянисто-глинистыми и глинисто-дресвяно-щебнистыми породами различного минерального состава. В них отмечается каолинит (от следов до 10-12%), гидрослюда (от 3 до 25%), монтмориллонит (от 1 до 20%). Смешаннослойные минералы, представленные иллит-

монтмориллонитом или хлорит-монтмориллонитом, находятся в незначительных количествах. Характерны обильные лимонитовые и железо-марганцевые корки, псевдоморфозы лимонита, реже – гематита по пириту, а также тонкие интенсивно лимонитизированные кварцевые прожилки. Отмечаются единичные мелкие кристаллы гипса.

Для окисленных руд характерна интенсивная сульфидная минерализация в виде сплошных, прерывистых или дендритовых пленок, реже – в виде округлых агрегатоподобных «лепешек», состоящих из пирита. Пирит – от тончайшей вкрапленности до друзовидных скоплений кристаллов преимущественно кубического габитуса, размером до 2-3 мм. Характерно интенсивное окисление пирита вплоть до полных псевдоморфоз. По трещинам развита более сложная рудная минерализация в виде темно-серых прожилков и гнезд тонкозернистого строения, с развитием вторичных минеральных образований голубого и зеленоватого цвета. Видны очень мелкие кристаллы интенсивно окисленного пирита и еще более тонкая темно-серая масса. Материал голубых корок с рудными минералами был подвергнут рентгенографическому фазовому анализу. В нем установлены: марказит, пирит, вюртцит, гидрослюда (иллит), гипс, каолинит, геохронит, дюфренуазит. При анализе аналогичных вторичных минеральных образований зеленоватого цвета были установлены: кварц, ортоклаз, плагиоклаз, гипс, иллит, пирит, марказит, а также гидросульфаты железа: розенит, ссомольнокит и гидросульфат марганца. Пирит в мелкокристаллических темно-серых массах часто отмечается в ассоциации с арсенопиритом, по которому местами развит зеленоватый скородит. Кроме того, отмечаются гипергенный гематит и лепидокрокит вместе с гидроксидами железа, пропитывающие участки основной массы и измененные фенокристаллы полевых шпатов.

Самородное золото представлено мелкими зернами, размером 0.05-0.25 мм, крючковидной, палочковидной, комковидной формы. Проба золота 725-829, в среднем – 775‰. Содержание золота в рудах меняется от 1 до 5 г/т. В качестве сопутствующих элементов установлены Ag – 0.7-10 г/т, Bi – 0.05-0.1%, W – 0.001-1%, Cu – 0.02-0.3%, As – 0.01-0.4%.

Запасы месторождения на 25.08.2011 г. по категории C_1 составили 12714 кг золота, при среднем содержании 3.6 г/т (В.П. Прокопенко и др., 2011). В 2012-2014 гг. руды были переработаны на ГОКе «Покровский рудник», получено 13200 кг золота и 3250 кг серебра.

Месторождение **«Верхнемынское» («Поисковое»)** находится в Верхнестойбинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на правом берегу р. Верхняя Стойба, в 1.5 км от пос. Лукачек (рис. 4.18).

Месторождение открыто в 1939 г. геологами Мынского приискового управления, обрабатывалось в 1941-1945 гг. Всего добыто 100 кг золота. В 1945 г. месторождение было законсервировано.

Вмещающими породами являются биотитовые граниты ингаглинского комплекса позднепермского возраста. Месторождение представлено серией крутонаклонных параллельных сульфидно-кварцевых жил. Они приурочены к сколовым трещинам в Ингаглинском гранитном массиве. На контакте с золоторудными жилами граниты березитизированы. Выявлено 6 жил, образующих пучок северо-восточного простирания, предположительно сходящийся на глубине. Мощность жил – от 0.2-0.7 м до нитевидных проводников. Жилы прослежены до глубины 40 м. Они сложены массивным мелкозернистым кварцем с вкрапленниками сульфидов. Из сульфидов встречаются арсенопирит, галенит, пирит, сфалерит. Содержание их не превышает 8-10%.

Видимое золото встречалось редко, представлено электрумом. Проба его меняется от 606 до 664‰, средняя – 635‰ (Неронский, 1998). Промышленными являются жилы № 1 и 3. Среднее содержание золота (6 бороздовых проб) – 47.8 г/т, серебра – 13.1 г/т, свинца – 0.6‰, мышьяка – 3.36‰. По жиле № 1 содержание золота – 1-1092 г/т, в среднем – 37.4 г/т. Ресурсы месторождения по категории P_2 при глубине прогнозируемого оруденения 200 м составляют 36 т золота (С.Г. Агафоненко и др., 2002).

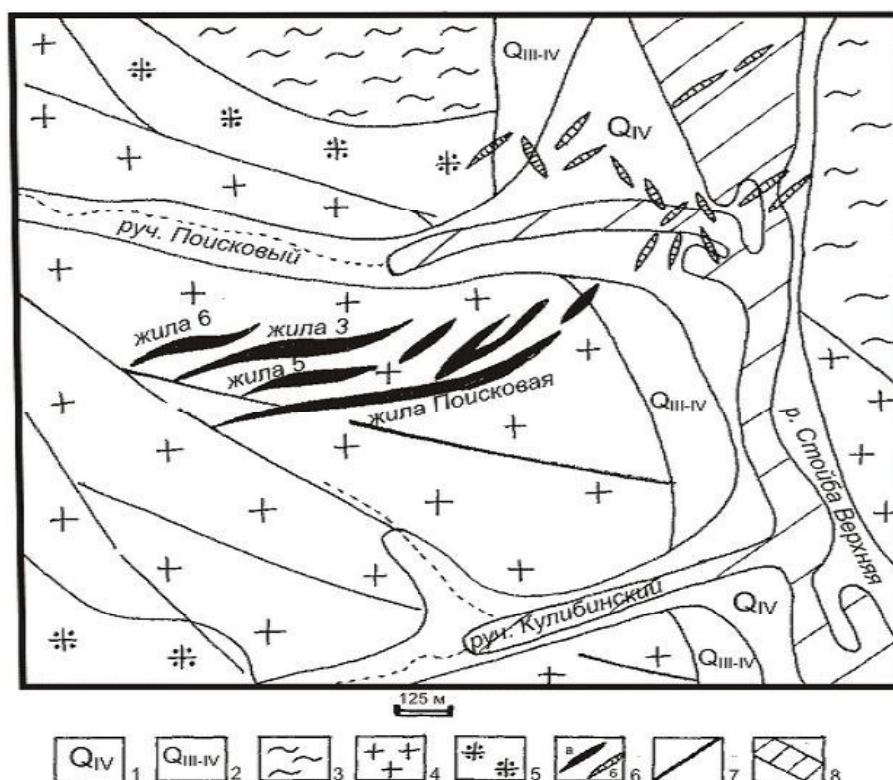


Рис. 4.18. Месторождение золота «Верхнемынское» (Л.В. Эйриш, 1992):

1 – современные отложения пойм; 2 – современные-верхнечетвертичные отложения террас; 3 – песчаники с прослоями алевролитов, кремнисто-глинистых сланцев среднего девона; 4 – гранитоиды ингаглинского комплекса верхней перми, 5 – гранитоиды караурацкого комплекса верхнего палеозоя, 6 – золоторудные жилы, вскрытые канавами (а), вскрытые в плотике россыпи (б), 7 – разломы, 8 – россыпи золота.

Месторождение «Ворошиловское» («Зазубринское») расположено в Верхнестойбинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, в долине руч. Зазубринского, левого притока руч. Малый Лукачёк (рис. 4.19). Месторождение открыто старателями в 1927 г. и эксплуатировалось в 1928-1949 гг. Отрабатывались в основном окисленные руды до глубины 10-40 м. Добыто 2620 кг золота, при среднем его содержании в рудах 14 г/т. Месторождение изучалось Г.М.Федькиным (1939), П.С.Бернштейном (1942), А.А. Жданом и Ф.В. Кретовым (1957), О.Ф.Шишкановой и др. (1970).

Поисковые работы проведены в 1966-1971 гг. (В.А. Ваненко, В.Н. Лебедев, 1972), а также в небольшом объеме Селемджинским прииском ПО «Амурзолото». В 1984-1989 гг. происходила доразведка глубоких горизонтов месторождения путем проходки подземных горных выработок (В.В. Тишкин и др., 1990). Вмещающими породами служат тонкопереслаивающиеся алевролиты и песчаники среднего девона. На месторождении выявлен ряд минерализованных зон: Ворошиловская, Майская, Октябрьская, Февральская, Зимняя и др., а также оперяющие их крутонаклонные кварцевые жилы. Зоны тяготеют к пологонаклонному (30-40°) на северо-восток разлому.

Зона «Ворошиловская» – самая крупная на месторождении – прослеживается по простиранию на 600 м. В ее пределах выделены рудные тела протяженностью до 120 м и средней мощности 1.4 м.

Зона «Майская» приурочена к серии паралельных пологих рудоконтролирующих трещин. Она прослежена на 100 м. Выделено два типа рудных тел. Рудные тела первого типа – межпластовые минерализованные линзы, прожилки, зоны дробления с невыдержанными размерами.

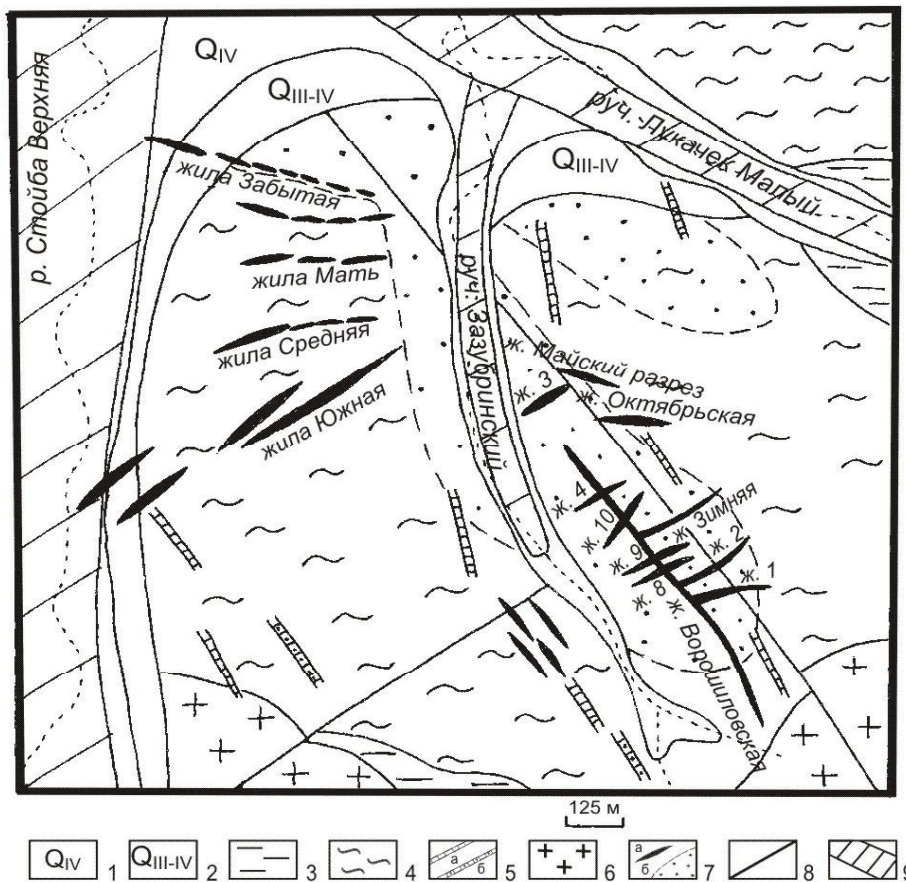


Рис. 4.19. Месторождение золота Ворошиловское (В.В. Тишкин и др., 1990):
 1 – современные отложения пойм; 2 – современные-верхнечетвертичные отложения террас; 3 – аргиллиты, прослои песчаников, реже пласты кремнистых и зеленых сланцев среднего девона; 4 – песчаники с прослоями алевролитов, кремнисто-глинистых сланцев, седиментационных брекчий среднего девона; 5 – дайки: а) иабазов, б) кварцевых порфиров верхнего мела; 6 – гранитоиды ингаллинского комплекса верхней перми; 7 – золоторудные жилы и залежи (а), окварцованные породы, кварциты (б); 8 – разломы; 9 – россыпи золота

Рудные тела второго типа приурочены к кварцитам, разбитым густой сетью крутопадающих трещин мощностью 0.01-0.20 м, выполненных кварцем. Кварциты неравномерно сульфидизированы. Содержание золота колеблется в широких пределах (1.5-2018.0 г/т).

В минерализованной зоне «Октябрьская-1» золотое оруденение находится в виде линз и гнезд, мощностью от сантиметров до нескольких метров. Кроме того, рудные минералы появляются по трещинам, выполненным интенсивно обохренным кварцевым материалом и брекчий кварцитов. Оруденелыми являются сульфидизированные кварциты, сланцы, тектонические трещины. В целом зона представляет собой рудный столб шириной 40 м, мощностью 0.5-10 м, с содержанием золота 1.1-591.1 г/т.

Зона «Октябрьская-2» приурочена к серии крутопадающих тектонических нарушений и представлена кварцитами с редкой вкрапленностью, гнездами и прожилками сульфидов мощностью до 1 см. Промышленный участок тяготеет к юго-западному флангу зоны, длина его 16 м, мощность 1.7-2.5 м, содержание золота – 2.3-35.5 г/т.

Зона «Февральская» прослежена на 15 м. Она представлена интенсивно сульфидизированными кварцитами мощностью до 5 м, содержание золота колеблется от 0.5 до 19.7 г/т.

Жила «Первая» прослежена по простиранию на 100 м и до глубины 120 м. Простирание жилы северо-восточное, азимут падения 170°, угол падения 70-80°. Она представляет собой трещину скалывания, выполненную перетертой глиной и дробленными обломками сланцев и кварца, мощностью от нескольких сантиметров до 0.3 м. Содержание золота – 0.4-1.4 г/т.

Жила «Вторая» расположена в 150 м на северо-запад от жилы Первой. Она прослежена на 80 м по простиранию и на 70 м по падению. Жила представляет собой трещину скалывания, выполненную охристо-глинистым материалом с обломками сланцев и кварца, мощностью 0.02-0.33 м. Содержание золота – 0.4-2.4 г/т.

Жила «Мать» мощностью 0.5-2 м местами представлена зоной окремненных кварц-полевошпатовых сланцев, постепенно переходящих в кварц с вкрапленностью пирита и арсенопирита. По простиранию прослежена на 300 м. Содержание золота меняется от следов до 5 г/т.

Жила «Средняя» расположена в 180 м от жилы «Мать». Рудное тело представлено окварцованными кварц-полевошпатовыми сланцами с линзами кварца мощностью 0.1-0.2 м, пронизанными густой вкрапленностью пирита и реже арсенопирита. Содержание золота достигает 30 г/т.

Жила «Южная» находится в 180 м к югу от жилы «Средняя». Представляет собой зону окремненных сланцев, местами переходящих в кварц с вкрапленностью пирита, реже – арсенопирита. Жила прослежена на 350 м. Содержание золота колеблется от следов до 10.7 г/т.

В пределах месторождения известны первичные и окисленные руды. Первичные руды золото-сульфидно-кварцевые. Количество сульфидов достигает 20%. Сульфиды представлены главным образом арсенопиритом, реже сфалеритом, пиритом, галенитом. Золото тесно связано с арсенопиритом и галенитом. Оно мелкое, проба низкая и меняется в пределах 719-732‰, средняя – 725‰ (Неронский, 1993). Окисленная руда состоит из кварца, лимонита и скородита. В зоне окисления золото находится в зернах лимонита, реже – в трещинах, выполненных гидроксидами железа.

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb-Sr-методом в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на приборе МИ-1201Т. Анализу подвергались полевые шпаты из золотоносных жил (образцы из коллекции И.О. Усова). В результате получена изохрона с возрастом 85±7 млн. лет ($Sr_0 = 0.70877 \pm 0.0003$), что соответствует позднему мелу. Этот возраст подтверждает парагенетическую связь золотого оруденения с дайками диабазов и кварцевых порфиров позднего мела. Прогнозные ресурсы золота по категории P₂ оцениваются в 23 т (Забродин и др., 2006).

Месторождение **«Колчеданный Утес»** расположено в Сологу-Чайдахском рудно-россыпном узле Южно-Якутской металлогенической зоны, на левобережье р. Сологу-Чайдах, левого притока р. Чайдах (рис. 4.20). Оно открыто в 1908 г. поисковой партией Верхне-Амурской золотопромышленной компании. Участок месторождения слагают мигматизированные двупироксеновые кристаллосланцы с пластами амфиболитов и линзами кальцифиров. Рудные тела приурочены к зоне нарушений северо-западной ориентировки на юго-восточном фланге трещинного тела гранодиоритов ираканского интрузивного комплекса.

Вмещающие породы на участке месторождения пропилитизированы, березитизированы и аргиллизированы. Широко представлена скарноидная и скарновая ассоциации состава: гранат, магнетит, эпидот, турмалин.

Месторождение – пологая линзовидная залежь чередующихся массивных и вкрапленных золото-кварц-сульфидных руд мощностью 15-20 м, протяженностью около 120 м. Она состоит из 10-20 сближенных кварц-пиритовых и пиритовых жилообразных тел мощностью от первых сантиметров до 2.5 м. В рудах доминирует пирит, при подчиненной роли халькопирита, магнетита, сфалерита и пирротина. Как правило, эти тела залегают согласно с вмещающими чарнокитами, плагиогранитами и гранитизированными кристаллосланцами.

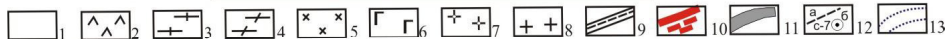
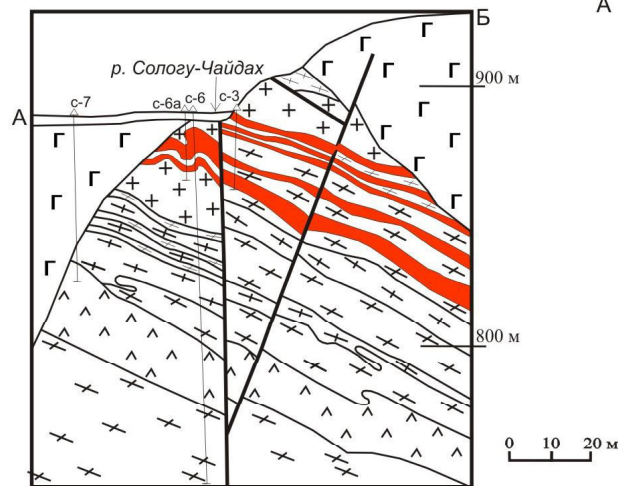
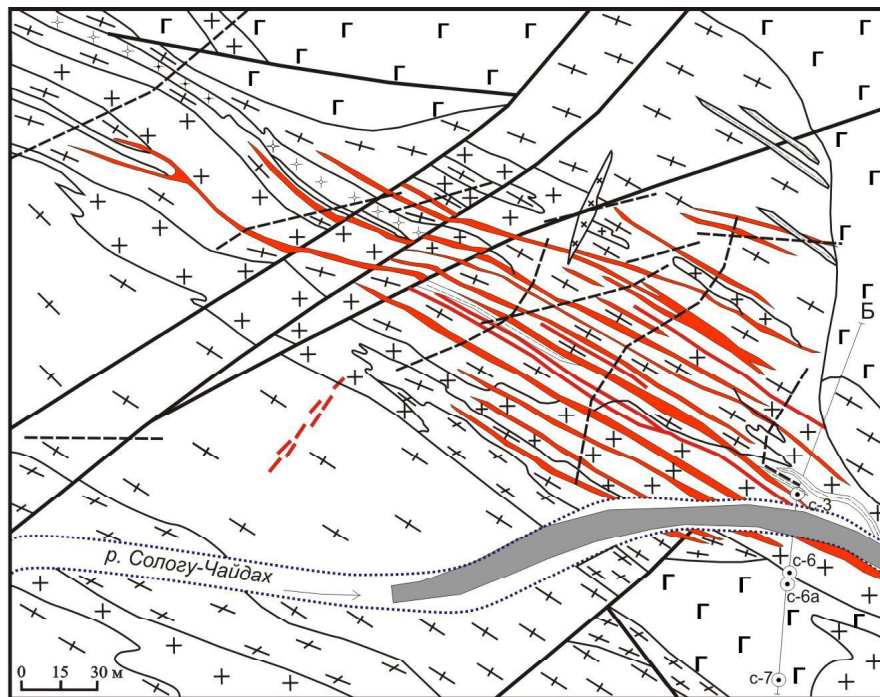


Рис. 4.20. Геологическая схема и разрез месторождения «Колчеданный Утес» (Сушкин, 2000):

1 – аллювиальные отложения четвертичного возраста; 2 – дациандезиты нижнего мела; 3 – амфиболовые сланцы архея; 4 – дайки диоритовых порфиритов нижнего мела; 5 – гранодиориты, диориты; 6 – габбро-диабазы, метаультрабазиты; 7 – плагииграниты архея; 8 – чарнокиты архея; 9 – горизонты мраморов и кальцифиров; 10 – кварцево-пиритовые золотоносные тела, кварцевые жилы; 11 – россыпь золота; 12 – горные выработки; а) линии канав, б) буровые скважины и их номера; 13 – водотоки.

Отмечаются и крутопадающие секущие жилы аналогичного состава, обычно с меньшими содержаниями золота. В одном случае установлено секущее линзообразное тело с высоким содержанием золота – 120 г/т на мощность 2,5 м. Оно располагается в гранитах и отличается значительными примесями серебра, меди, висмута, сурьмы. Согласно рудные тела – это метасоматические жилообразные продукты замещения часто с контактами, повторяющими изгибы слоев вмещающих пород. Среднее содержание золота в рудных телах 22 г/т, максимальное в штуфах – 438 г/т. По некоторым данным

(В.А. Буряк и др., 1990; Л.Б. Сушкин, 1992; Сушкин, 2000), в рудах месторождения «Колчеданный Утес» выделяются три генерации золота. Ранняя генерация находится в тесной ассоциации с пиритом и халькопиритом, золото мелкое и тонкое, 780-850 пробы. Средняя генерация наблюдается в ассоциации с кварцем и перекристаллизованными сульфидами, золото крупное (до 1 мм), с высокой пробой (830-990‰). Поздняя генерация ассоциирует с гидроксидами железа в зоне гипергенеза, золото тонкое и мелкое.

Максимальные размеры самородного золота 2x2 мм, форма его пластинчатая в сульфидах и комковидная в кварце. В самородном золоте установлена примесь платины до 491 г/т.

Эрозионный срез месторождения оценивается как верхнерудный по затуханию гидротермальной минерализации на высоких гипсометрических уровнях.

Установленный размах оруденения по вертикали превышает 150 м.

Прогнозные ресурсы золота по категории P_1 оцениваются в 15.7 т, а по категории P_2 – 30.5 т (Л.Б. Сушкин и др., 1992; А.Н. Сережников и др., 2005; Л.В. Савенко, 2011).

Месторождение «Снежинка» расположено в Уркинском рудно-россыпном узле Янканской металлогенической зоны, на правом берегу среднего течения руч. Приискательского, правого притока р. Малая Урка (рис. 4.21).

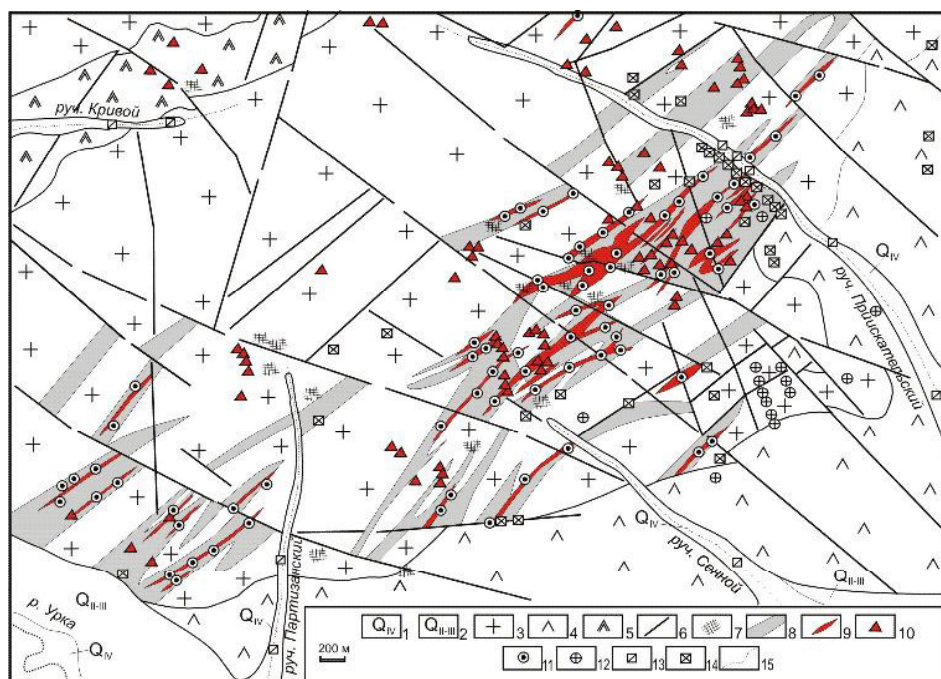


Рис. 4.21. Месторождение «Снежинка»:

1 – современные четвертичные отложения поймы; 2 – средне-верхнечетвертичные отложения террас; 3 – лейкократовые граниты; 4 – диориты, диоритовые порфиры; 5 – сиениты, граносиенит-порфиры; 6 – разломы; 7 – зоны сульфидизации; 8 – зоны интенсивного окварцевания, хлоритизации, серицитизации и аргиллизации; 9 – жильно-прожилковые зоны; 10 – свалы жильного кварца; 11 – штупные пробы с содержанием золота более 1 г/т; 12 – металлометрические пробы с содержанием золота > 0.01 г/т; 13 – шлиховые пробы из аллювия с золотом; 14 – золото в делювии из канав; 15 – водотоки.

Вмещающими породами являются субщелочные граниты нерчуганского комплекса раннего триаса, прорванные березитизированными дайками граносиенит-порфиров, моноклиорит-порфиров и трахириолитов. Рудоносными являются зоны дробления, катаклаза и березитизации. Всего выделено 10 золоторудных тел, протяженностью 30-70 м, средней мощностью 1-2 м, с содержанием золота 1-35.5 г/т. В состав рудных минералов входят: пирит, магнетит, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит и самородное золото. Золото от мелкого до крупного. Форма его комковидная, кристаллическая,

интерстициальная и пластинчатая. Проба меняется от 840 до 870‰, в среднем – 855‰ (Степанов, Мельников, Черемисин, 1996).

Изотопный возраст рудосопровождающих минералов (серицит, карбонат) рудопроявлений «Снежинка» и «Светлое» определен Rb-Sr-методом (рис. 4.22). Он равен 212 ± 5.5 млн. лет, что отвечает норийскому ярусу позднего триаса (Степанов, 2005). Запасы золота месторождения «Снежинка» по категории C_2 оцениваются в 35 т.

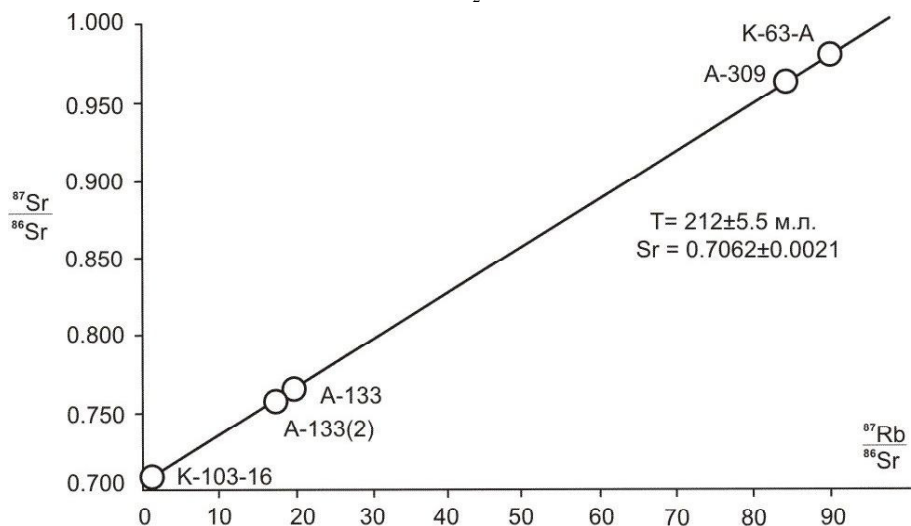


Рис. 4.22. Rb-Sr-изохронный график для рудосопровождающих минералов рудопроявлений «Светлое» и «Снежинка».

Месторождение «Соловьевское» расположено в юго-западной части Соловьевского рудно-россыпного узла Янканской металлогенической зоны, в водораздельной части р. Большой Янкан (бассейн р. Ольдой) и руч. Нечаянный (бассейн р. Уркан). Оно открыто в процессе проведения поисково-оценочных работ в 2007-2010 гг. ЗАО ГРК «Дальгеология» (П.А. Абдиязов и др., 2011).

Месторождение приурочено к зоне влияния Халано-Глебовского глубинного разлома, который является одним из фрагментов Северо-Тукурингского регионального разлома. Золотое оруденение структурно приурочено к экзоконтактовой зоне Джалиндинского гранодиоритового массива и располагается в мезозойских терригенно-осадочных толщах Стрелкинской впадины и измененных дайках кварцевых порфиров, диоритовых порфиров и гранодиорит-порфиров раннего мела. На месторождении выявлено золото-сульфидно-кварцевое оруденение, представленное крупнообъемными линейно-вытянутыми крутонаклонными рудоносными зонами северо-восточного и субширотного простирания (рис. 4.23).

Рудные зоны сложены метасоматитами альбит-ортоклаз-мусковит-кварцевого состава, которые содержат золото-кварцевые жилы и прожилки. Содержание в зонах Au – от 1 до 10-15 г/т, Вi – до 0.01-1%. Среднее содержание золота в рудах – 3.7 г/т. Количество рудных минералов не превышает 3%. Среди сульфидов преобладает арсенопирит, который слагает в метасоматитах тонкие прожилки, гнезда (размером до 1-5 см) и мелкую неравномерно рассеянную вкрапленность. Реже отмечаются пирит, халькопирит, молибденит, леллингит, шеелит, теллуриды висмута, висмутин и самородный висмут, а также самородное золото и мальдонит.

Арсенопирит в рудах наблюдается в виде крупных (более 1 мм) короткопризматических зерен или их агрегатов. Его состав часто весьма изменчив даже в пределах одного зерна. Вкрапленности висмутовых минералов, самородного золота и мелких единичных зерен леллингита зачастую приурочены к участкам развития высокомышьковистого арсенопирита.

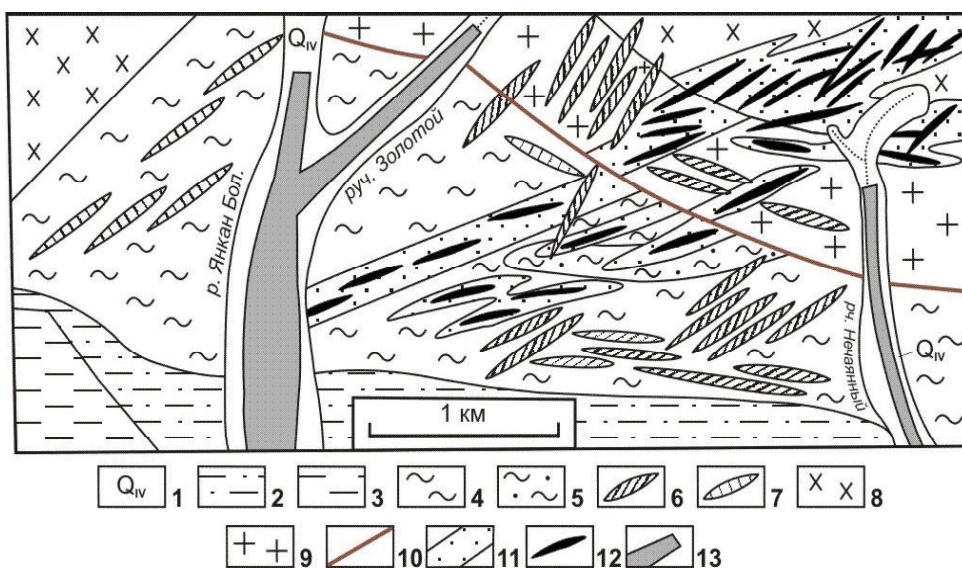


Рис. 4.23. Золоторудное месторождение «Соловьевское»:

1 – верхнечетвертичные аллювиальные пески, галечники, гравий; 2-3 – Стрелкинская толща: 2 – верхняя пачка: конгломераты и гравелиты с прослоями песчаников и алевролитов, 3 – нижняя пачка: песчаники с прослоями углистых алевролитов, гравелитов и конгломератов; 4-5 – Долохитская толща: 4 – верхняя пачка: песчаники и алевролиты с прослоями туфогенных конгломератов, гравелитов и линзами туфов риодацитов, 5 – нижняя пачка: разномерные песчаники и углистые алевролиты; 6-8 – дайки раннего мела: 6 – диоритовые порфиры, 7 – гранодиорит-порфиры, 8 – гранодиориты и гранодиорит-порфиры; 9 – граниты и гранодиориты верхнего архея; 10 – Халано-Глебовский разлом; 11 – рудные зоны альбит-ортоклаз-мусковит-кварцевого состава; 12 – золотоносные кварцевые жилы; 13 – россыпи золота.

Золото-висмутовая минерализация представляет собой тонкую сыпь микровключений неправильной формы либо округлые каплевидные выделения (рис. 4.24, А), размером от 10 до 0.1 мкм. Висмутовые минералы представлены самородным висмутом, в составе которого постоянно отмечается примесь Sb (до 1 мас.%), висмутином, теллуридами висмута и мальдонитом. В составе висмутина постоянно отмечается также изоморфная примесь Sb (до 8 мас.%) и Pb (до 6 мас.%).

Мальдонит наблюдался в арсенопирите в виде мономинеральных выделений неправильной формы или в виде тесных сростаний с самородным висмутом и сульфотеллуридами висмута (рис. 4.24, Б).

Присутствие в прожилково-вкрапленных рудах мальдонита позволяет косвенно оценить физико-химические условия формирования. Согласно экспериментальным данным, образование мальдонита в сульфидной системе происходит при температурах порядка 200-300°C из бессернистых теллуридных растворов при очень низкой активности сульфидной серы и мышьяка.

Самородное золото в изученных рудах наблюдалось преимущественно в виде субмикроскопических выделений, самостоятельной вкрапленности или в тесных сростаниях с самородным висмутом, висмутином и сульфотеллуридами висмута в арсенопирите и скородите. Проба золота варьирует в узком диапазоне от 870 до 1000 ‰, однако преобладает золото с пробой 930-950 ‰ и 1000 ‰.

Последнее обусловлено наличием в прожилково-вкрапленных рудах мальдонита, который распадается на самородное золото и висмут, часто образуя характерные субграфические каркасно-ячеистые структуры. Балансовые запасы месторождения на 01.01.2015 г. составляют по категориям C₁ – 1033 кг, C₂ – 8471 кг, забалансовые – 348 кг, при среднем содержании золота 3.7 г/т (П.А. Абдиязов и др., 2011). В 2015 г. добыто 30 кг золота.

Месторождение «Ясное» расположено в Харгинском рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе Средней и Нижней Ингагли. Оно выявлено в 1951 г., эксплуатировалось в 1953-1958 гг. (рис. 4.25). Добыто 398.5 кг золота, при среднем содержании 31.4 г/т.

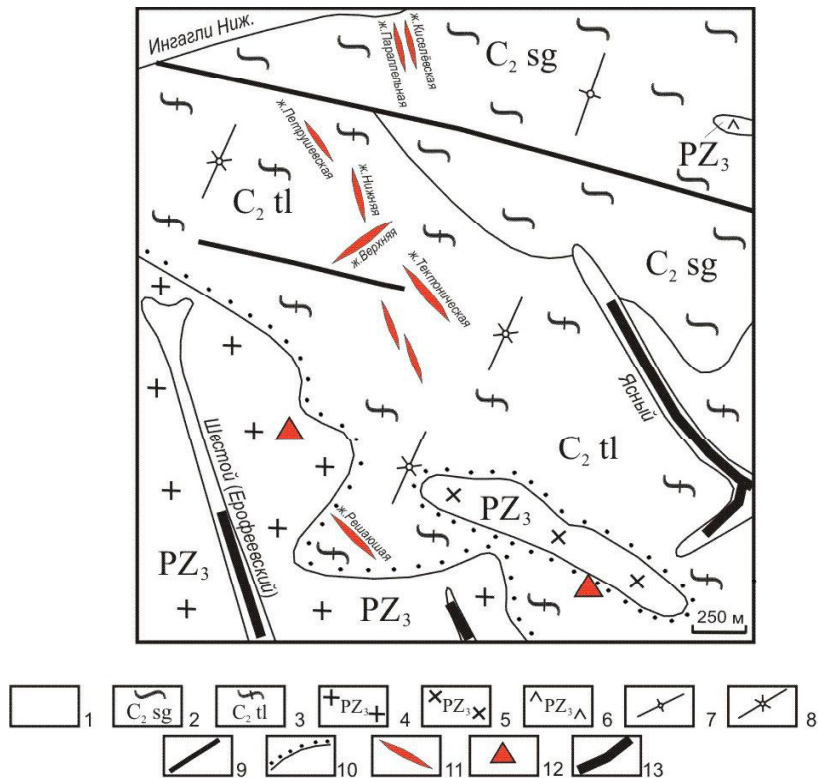


Рис. 4.25. Месторождение золота «Ясное» (А.А. Луцей, 1987):

1 – аллювиальные отложения квартера; 2 – сагурская свита: филлитизированные глинистые сланцы, рассланцованные песчаники, кварц-серицитовые сланцы с пластами слюдястых кварцитов; 3 – талыминская свита: рассланцованные песчаники, филлитизированные глинистые сланцы, алевролиты, кварц-серицитовые сланцы, кварциты, зеленые сланцы, мраморизованные известняки; 4 – граниты; 5 – гранодиориты; 6 – диориты; 7 – дайки кварцевых порфиров; 8 – дайки диоритовых порфиров; 9 – разломы; 10 – контактовые роговики; 11 – кварцевые жилы; 12 – штуфные пробы с содержанием золота 5-10 г/т; 13 – россыпи золота.

Месторождение разведывалось поверхностными и подземными горными выработками до глубины 100-200 м. Одновременно отрабатывались три кварцевые жилы: Первая Верхняя, Первая Нижняя и Новая. В 1988-1989 гг. в районе месторождения проведены поисковые работы масштаба 1:10000. В контакте массива гранитоидов ингаглинского комплекса с алевролитопесчаниковыми образованиями акриндинской свиты установлено 7 кварцевых жил, часто переходящих в минерализованные зоны дробления. Мощность их до 1.7 м (средняя 0.4-0.8 м) при прослеженной протяженности 100-400 м. Жилы состоят из кварца с примесью кальцита и адуляра. Из рудных минералов отмечаются золото, халькопирит, сфалерит, арсенопирит и самородное серебро. Околорудные изменения выражены в окварцевании и сульфидизации.

Содержание золота в кварцевых жилах от «следов» до 2000 г/т (в среднем 11.4-52 г/т). Золото отмечается также в околорудных окварцованных и сульфидизированных породах (до 10.8 г/т), а также в гидротермально измененных дайках среднего состава – 0.5-10 г/т. Золото как свободное, так и связанное в сульфидах. Проба его низкая – 630-740‰. Среди примесей в золоте отмечаются: ртуть (0.1%), теллур (0.068%), железо (0.0007-0.0227%) и медь (0.0003-0.005%). В самородном золоте из кварцевых жил установлены

содержания платиноидов: жила «Первая» – 2 г/т, жила «Новая» – 8 г/т, жила «Первая Верхняя» – 11 г/т. Прогнозные ресурсы месторождения категории P_1 при глубине подвески в 200 м оценены в 20 т (С.Г. Агафоненко, 2002).

* * *

Количество месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации значительно меньше, чем золото-кварцевой. Но среди них находится наиболее крупное по запасам золота в Приамурской провинции месторождение «Пионер», а также средние по запасам – «Бамское» и «Кировское». Бамское месторождение при доразведке может стать крупным. Поэтому поиски месторождений этого типа являются приоритетными.

Месторождения часто располагаются на эндо- и экзоконтакте гранитоидных интрузий раннемелового возраста. Рудные тела месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации обычно представлены штокверковыми зонами или залежами прожилково-вкрапленной минерализации, реже – сульфидно-кварцевыми жилами. Наблюдается парагенетическая связь оруденения с дайками пестрого состава раннемелового возраста. Вмещающие породы часто березитизированы и аргиллизированы. В составе рудных минералов преобладают арсенопирит, пирит, галенит, халькопирит, висмутин, нередко сульфосоли и теллуриды золота и серебра. Отношение золота к серебру – от 1:1 до 1:3-5. Золото – от электрума и низкопробного до высокопробного, но преобладающая проба – в пределах 750-850‰.

Глава 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ

К золото-сульфидной формации отнесено три средних по масштабу месторождения провинции – Маломыр, Нони и Осеннее. Для золото-сульфидных месторождений характерно преимущественно мелкое, тонкое и дисперсное золото, рассеянное в сульфидах. Доля свободного золота невелика. Руды труднообогатимые, «упорные». В промышленное освоение золото-сульфидные объекты долго не вовлекались из-за низкого качества руд и трудной обогатимости (невысокие содержания золота, дисперсный размер его выделений, связь с сульфидами). Отрабатывалась в Приамурье в небольшом объеме лишь зона окисления месторождения «Маломыр» с богатыми рудами. Но в других регионах России известны крупные (Майское) и уникальные (Сухой Лог) месторождения золото-сульфидных руд. Многие из них, и в первую очередь их зоны окисления, с успехом отрабатываются.

Месторождение «*Маломыр*» находится в одноименном рудно-россыпном узле Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, на водоразделе ручьев Маломыр и Сухоныр, левых притоков р. Нижняя Стойба, в 45 км севернее пос. Стойба. Месторождение открыто в 1966 г. при проведении поисковых работ масштаба 1:10000 (В.Н. Лебедев, 1971). В 1976-1982 и 1990-1993 гг. проведены поисково-оценочные работы (И.К. Билан и др., 1978; А.Е. Пересторонин и др., 1995). Оно изучалось К.Ф. Клыжко, А.Е. Пересторониным, В.А. Буряком, Л.В. Эйришем, В.Г. Невструевым, И.Е. Маляминым, С.Г. Парадой, Н.С. Неменманом и др. Подробно месторождение описано в монографии (Буряк, Пересторонин, 2000).

Рудное поле слагают кварц-слюдистые, глинисто-графитистые сланцы и метапесчаники златоустовской свиты среднего палеозоя. Они прорваны позднепалеозойскими (?) гранитоидами и раннемеловыми дайками. Породы златоустовской свиты слагают валлообразную антиклиналь близширотной ориентировки и представлены рассланцованными метапесчаниками, черными графитистыми сланцами с маломощными прослоями и линзами метакремнистых, карбонатных и зеленокаменных пород (рис. 5.1).

Позднепалеозойские граниты повсеместно катаклазированы, окварцованы, содержат прожилково-вкрапленную, преимущественно арсенипиритовую, минерализацию и нередко характеризуются повышенными содержаниями золота.

Структура рудного поля определяется напряженной складчатостью сжатия преимущественно субширотного простирания и пересекающимися разломами различных порядков. Южнее рудного поля проходит Южно-Тукурингский региональный разлом запад-северо-западного простирания, по которому вулканиды Огоджинской зоны мелового возраста граничат с позднепалеозойскими образованиями Селемджино-Кербинской структурно-формационной зоны (СФЗ). На западном фланге, вдоль долины р. Нижняя Стойба, проходит крупный Улигданский разлом субмеридионального простирания.

Основная часть золотого оруденения (около 94% запасов) локализована в пределах Диагональной тектонической зоны северо-восточного простирания. Около 6% ресурсов локализовано в зонах «Южная» и «Северная». Внутреннее строение зон идентично. Они представлены чередованием пород, резко различных по составу: тонкополосчатые метапелитовые и метакремнистые сланцы, с одной стороны, и зеленые апокарбонатные сланцы и зеленокаменные породы, – с другой. Границы рудных тел выделяются по данным опробования. В рудных телах повсеместно установлены высокие содержания углерода (2-2.5%), серы (до 1%) и мышьяка (до 2%). С серой и мышьяком коррелируют содержания золота и серебра.

Зона «Диагональная» расположена в междуречье ручьев Маломыр – Сухоныр и приурочена к крупному надвигу северо-восточного простирания (рис. 5.2). Она представляет собой серию сближенных зон катаклаза, брекчирования и дробления, иногда залеченных дайками андезитов, гранодиорит-порфиров, дацит-порфиров раннемелового возраста.

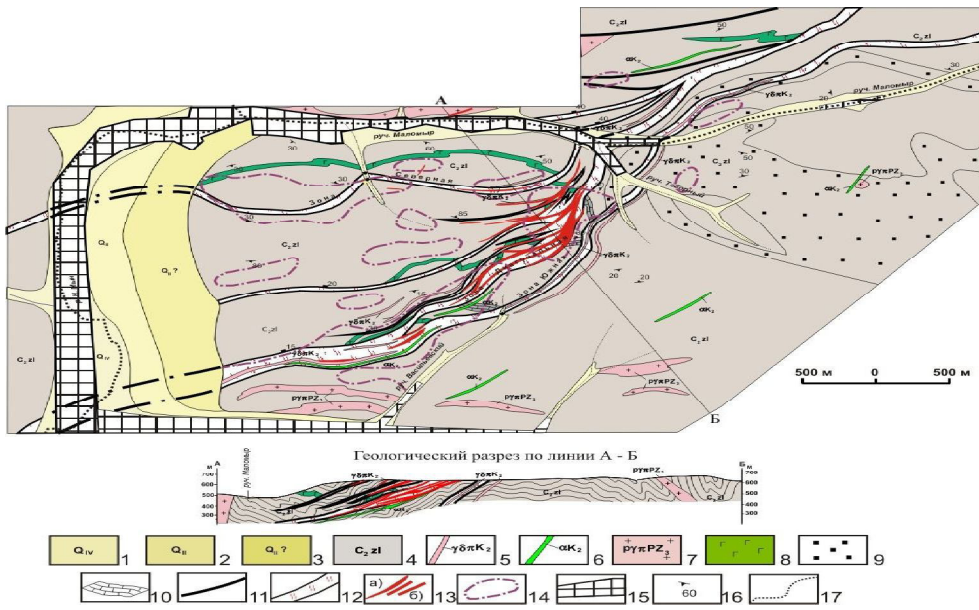


Рис. 5.1. Схематическая геологическая карта Маломирского месторождения (К.Ф. Клыжко, 1982; А.Е. Пересторонин, 1993; И.Ю. Громаковский, 2001): 1 – голоцен: галечники, пески, валуны русла и поймы; 2 – среднее звено: супеси и суглинки I надпойменной террасы; 3 – условно среднее звено: пески, суглинки с галькой II надпойменной террасы; 4 – златоустовская свита: кварц-полевошпат-углеродисто-сланцевые, кварц-полевошпат-сланцевые сланцы с прослоями кварцитов, кварц-полевошпат-хлоритовых и амфиболовых сланцев; 5 – дайки гранодиорит-порфиров; 6 – дайки андезитов, андезитовых порфиритов; 7 – blastsмилонитизированные плагиогранит-порфиры; 8 – метагаббро; 9 – горизонты микрокварцитов; 10 – горизонты мраморизованных известняков; 11 – разрывные нарушения; 12 – зоны милонитизации, брекчирования и трещиноватости с элементами залегания; 13 – а) золоторудные залежи, б) кварцевые жилы; 14 – комплексные ореолы рассеяния Au, Ag, As, 15 – россыпи золота; 16 – элементы залегания сланцеватости пород; 17 – водотоки.

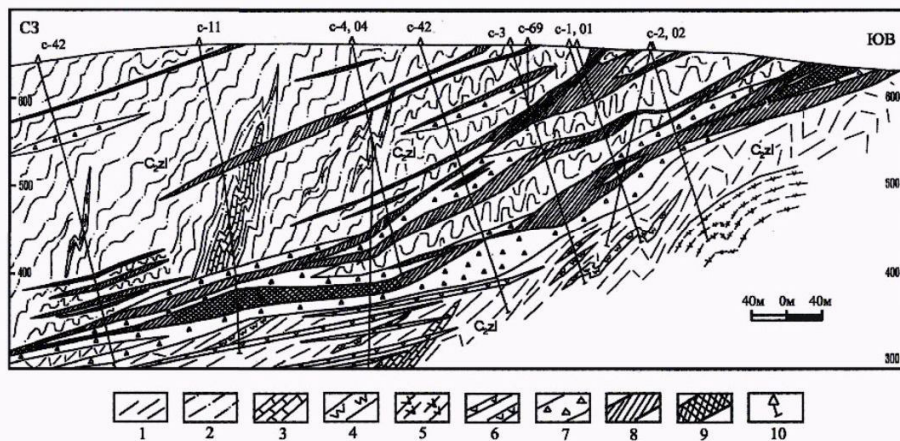


Рис. 5.2. Схематический геологический разрез через центральную часть зоны «Диагональная» Маломирского месторождения (Буряк, Пересторонин, 2000): 1-5 – средняя пачка златоустовской свиты: 1 – кварц-полевошпат-сланцевые сланцы, 2 – кварц-полевошпат-углеродистые сланцы, 3 – известняки, 4 – кварциты, 5 – зеленые сланцы; 6 – дайки андезитов и диоритовых порфиритов; 7 – зоны дробления, брекчирования, катаклаза; 8 – рудные тела с содержанием золота 1-2.9 г/т; 9 – рудные тела с содержанием золота 3-5 г/т; 10 – скважины колонкового бурения.

Протяженность зоны по латерали более 6 км, мощность – 100-300 м. Зона наклонена под углом 15-30° на северо-запад. По падению она прослежена скважинами на 1500 м (до глубины в 350 м). На больших глубинах, очевидно, причленяется к Маломырскому разлому. На северо-восточном фланге в висячем боку зоны расположены широтно ориентированные пологонаклонные разрывы. Наиболее крупный из них – зона «Северная», мощностью 30-50 м, падающая под углом 20° в северном направлении. По кинематической природе зона «Диагональная» и ее основная ветвь зона «Северная» – это система сопряженных чешуйчатых сдвигов и взбросо-сдвигов.

Диагональная зона насыщена сульфидами, в основном пиритом и арсенопиритом. Сульфиды в виде вкрапленности, тонкой сыпи, прожилков мощностью 0.1-7 мм, линзовидных выделений и отдельных мелких вкраплений, иногда в ассоциации с темно-серым кварцем развиваются по слоистости, послойным, послойно-кливажным и секущим трещинкам. Содержание сульфидов в минерализованных зонах достигает 3-10%, за пределами зон – 2-5%. Вмещающие породы в пределах Диагональной зоны интенсивно окварцованы, превращены в кварц-альбитовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-адуляровые метасоматиты. В них локализованы рудные тела.

Золотоносные метасоматиты приурочены к разрывным нарушениям. Среди них выделены (от ранних к поздним) кварц-альбитовые метасоматиты, метасоматические кварциты, серицит-кварцевые и серицит-карбонат-кварцевые метасоматиты (березиты), кварц-адуляровые метасоматиты. Последние характерны для приповерхностных участков тектоно-метасоматических зон и локализуются в их центральных, длительно развивающихся и проницаемых частях. В метасоматиты привнесены следующие элементы – Au, As, Sb, W, в меньшей степени – Cu, Bi, Zn, Ag, Mo, вынесены – Ni, Co, V, Sn, P. Наиболее высокие концентрации Ag (до 57 г/т) отмечены в кварц-адуляровых метасоматитах.

Определение изотопного возраста золотоносных метасоматитов месторождения «Маломыр» Ag-Ag-методом по монофракциям плагиоклаза показало 120.7±1.5 млн. лет (Бучко и др., 2011).

Зона окисления развита слабо, мощность ее составляет не более 10-15 м от поверхности. Содержания золота в зоне окисления обычно в 1.5-2 раза выше, чем в первичных рудах, в среднем около 3-4 г/т.

Руды представлены сульфидизированными брекчиями и катаклазитами кварц-альбитовых, серицит-кварцевых, кварц-адуляровых метасоматитов с наложенным прожилковым окварцеванием и вкрапленностью сульфидов. Рудные минералы на 95-99% представлены пиритом и арсенопиритом двух генераций, образующими тонкую и мелкую вкрапленность в метасоматитах и брекчиях. Содержания золота в арсенопирите (30-150 г/т) обычно выше, чем в пирите (15-30 г/т). В подчиненном количестве отмечаются галенит, сфалерит, вольфрамит, шеелит, блеклые руды, гематит, магнетит, халькопирит, ильменит, рутил, марказит, станнин, касситерит, акантит, золото, молибденит и хромит. Вторичные минералы представлены лимонитом, гетитом, скородитом, оксидами марганца, ковеллином, борнитом и ярозитом (табл. 5.1).

Стадийность оруденения. Выделены этапы, стадии, подстадии и соответствующие им минеральные ассоциации (рис. 5.3). Рудный этап включает в себя образования трех стадий: золото-сульфидной, золото-кварцевой и золото-серебряной. Золото-сульфидная стадия разделена на две подстадии: раннюю – золото-пирит-арсенопиритовую и позднюю – золото-кварц-пирит-арсенопиритовую. Пострудный этап включает стадию кварц-карбонатных прожилков. Гипергенному этапу соответствует стадия окисления с гетит-лимонит-скородитовой минеральной ассоциацией.

Промышленную ценность представляет золото. Оно очень мелкое. Преобладающий размер самородного золота Маломырского месторождения – тысячные-сотые доли миллиметра. Небольшая часть золотин имеет размер десятые доли миллиметра. При промывке больших масс рыхлого материала над рудными зонами с богатыми содержаниями золота золотинки обнаруживаются очень редко.

Таблица 5.1

Минеральный состав руд месторождения «Маломыр» (Л.В. Эйриш, В.Г. Невструев, 1990; А.Е. Пересторонин, 1993, 2005; Ожогин, 2009)

Рудные	Жильные	Акцессорные	Гипергенные
Пирит* , арсенопирит, марказит, галенит, сфалерит, вольфрамит, шеелит, блеклые руды, антимонит, халькопирит, пирротин, леллингит, ильменит, рутил, марказит, титаномагнетит, касситерит, акантит, золото, молибденит	Кварц, адулярь, альбит, серицит, кальцит, сидерит, хлорит, мусковит, гидрослюда, биотит, эпидот, пренит, актинолит, барит, углеродистое вещество	Сфен, стильпноmelан, клиноцоизит, апатит, монацит, циркон, турмалин, циркон, флюорит, гранат, корунд, дистен, цоизит	Лимонит, гетит, ярозит, скородит, оксиды Mn, ковеллин, борнит

* Жирным шрифтом выделены основные минералы, остальные встречаются очень редко либо экзотичны.

ЭТАПЫ	РУДНЫЙ				ПОСТРУДНЫЙ	ГИПЕРГЕННЫЙ
	Золото-сульфидная		Золото-кварцевая	Золото-серебряная		
Стадии	Золото-пирит-арсенопиритовая	Золото-кварц-пирит-арсенопиритовая	Золото-кварцевая	Золото-кварц-адулярьовая	Кварц-кальцитовая	Гетит-лимонит-скородитовая
Подстадии						
Минералы						
Альбит						
Кварц						
Серицит						
Адулярь						
Карбонаты						
Золото						
Пирит						
Арсенопирит						
Халькопирит						
Сфалерит						
Пирротин						
Галенит						
Акантит, аргентит						
Блеклая руда						
Шеелит						
Вольфрамит						
Антимонит						
Молибденит						
Лимонит						
Гетит						
Ярозит						
Скородит						
Оксиды Mn						

Рис. 5.3. Схема минералообразования месторождения «Маломыр».

В протолочных пробах окисленных руд с содержанием золота 1-10 г/т золотины (размер сотые миллиметра, редко – 0.1-0.2 мм) обнаружены в половине проб в количествах от 1 до 15 знаков. Размер этого золота – десятые, сотые доли миллиметра, в одном случае – 0.4 мм (К.Ф. Клыжко, 1982). Форма золотин из зоны окисления разнообразна – кристаллы доэкаэдрической формы, сростки кристаллов, пластинчатые, палочковидные, крючковатые зерна. По данным атомно-абсорбционного анализа (10 определений), проба золота – 781-880‰. В частоте встречаемости пробы намечаются два пика: в интервалах 780-800 и 860-880 ед. (рис. 5.4).

По химическому составу руды являются силикатными. Окисленные руды характеризуются пониженным содержанием Al_2O_3 , а первичные – несколько повышенным содержанием MgO , CaO и CO_2 .

Из рудных элементов преобладает железо – от 1,83 до 7,6%. В пробах, отобранных из зоны окисления, железо почти полностью находится в оксидной форме, а в пробах первичных и смешанных руд – в сульфидной. Содержание серы в пробах меняется: от 0,07% в окисленной руде до 2,55% – в первичной. Массовая доля мышьяка в пробах колеблется от 0,06 до 2,36%.

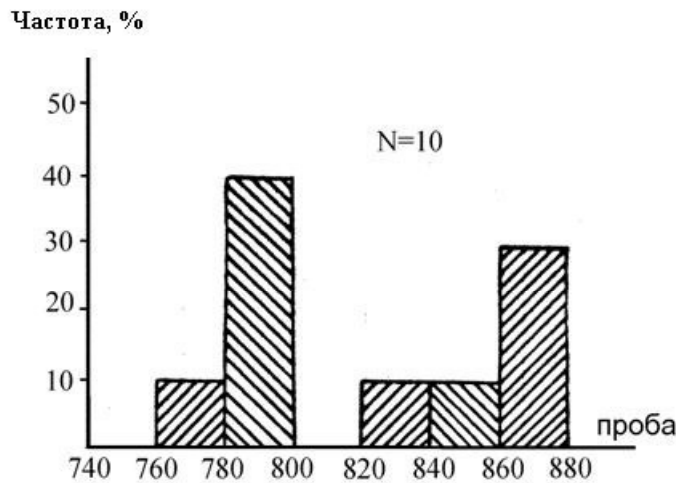


Рис. 5.4. Гистограмма пробы золота месторождения «Маломыр» (В.Г. Невструев, 1990).

Руды месторождения «Маломыр» отнесены к категории монометалльных золотых руд. Попутно извлекается только серебро, содержание которого в рудах весьма низкое (соотношение золота к серебру в среднем 1:0.33). Основным элементом-спутником золота в рудах месторождения «Маломыр» является мышьяк, в меньшей степени – серебро, вольфрам, сурьма. Слабо повышены содержания цинка, свинца и меди.

Геохимический тип руд месторождения «Маломыр» золото-мышьяковый. Содержания мышьяка меняются от десятых долей процента до первых процентов. Наиболее высокие содержания (до 3-5%) отмечены в окисленных рудах месторождения. Содержания золота и мышьяка имеют прямо пропорциональную зависимость. Основной минеральной формой мышьяка является арсенопирит, в незначительной степени – блеклая руда и мышьяковистый пирит.

Серебро также постоянный спутник золота в рудах. Содержания его обычно низкие, на уровне десятых – первых г/т. Содержания серебра более 1 г/т установлены примерно в 20% всех проб. Наиболее высокие содержания серебра – 57 г/т на мощность 3 м – отмечены в окисленных рудах месторождения. Из минералов-носителей серебра установлен аргентит.

Вольфрам на месторождении «Маломыр» присутствует в количествах от тысячных до сотых долей процента (сотые доли процента отмечаются примерно в 5-7% общего количества проб). Повышенные содержания вольфрама не зависят от концентрации золота. Из минералов вольфрама установлены шеелит и вольфрамит.

Сурьма обычно находится в повышенных количествах (до сотых долей процента). В первичных рудах содержания ее выше, чем в окисленных. Минералами-носителями сурьмы являются антимонит и блеклая руда.

В первичных рудах, по мере увеличения содержания золота, повышается роль сурьмы, вольфрама, свинца. Содержания мышьяка сопоставимы для всех типов руд. Наиболее высокие содержания серебра характерны для окисленных руд с повышенными содержаниями золота. Для руд и метасоматитов Маломырского месторождения характерна геохимическая ассоциация *золото-мышьяк-сурьма-вольфрам-серебро*. Вынос отмечается для Mo, Ni, Sn, Zn, Co, иногда Cu.

По технологическим характеристикам первичные и смешанные руды месторождения «Маломыр» отнесены к упорным, окисленные (2% запасов) – к легкообогатимым. Они бедные, доля богатых невелика (Алексеев, Козырев, 2013).

Руды месторождения «Маломыр» практически не содержат компонентов (Cu, Ni, Zn, Sb и др.), которые могли бы осложнять процесс цианирования золота в результате их

активного химического взаимодействия с цианидом в щелочной среде. Содержащийся в рудах мышьяк не препятствует извлечению золота цианидами, поскольку он присутствует в форме минералов (арсенипирит, скородит), не проявляющих химической активности при цианировании.

Важной особенностью как первичных, так и окисленных руд месторождения является присутствие углеродистого вещества, которое обладает естественными сорбционными свойствами и негативно влияет на технологические показатели. Кроме того, углерод в этих рудах может выступать и как коллектор неизвлекаемого цианированием золота.

Содержание золота в пробах варьирует в широком диапазоне – от 1.18 до 124.6 г/т (по данным пробирного анализа). Основная масса руды имеет содержание золота менее 2 г/т и относится к классу бедных руд. Доля богатых руд небольшая.

Первичные руды месторождения «Маломыр» являются упорными, эффективность прямого цианирования для них очень низка вследствие наличия тонкого, дисперсного золота, тесно ассоциированного с сульфидами железа и мышьяка, а также вкрапленного в породообразующие минералы. Извлечение золота по данному варианту, даже при достаточно тонком измельчении руды, очень низкое. Недостаточно эффективным является и гравитационное обогащение. Приемлемые показатели извлечения золота в концентрат на уровне 85-90% достигаются при использовании гравитационно-флотационной схемы. Аналогичные показатели и в случае прямой флотации руды. Однако дальнейшее прямое цианирование флотационных концентратов, даже после механической их активации и доизмельчения до крупности 100% класса -20 мкм при повышенных расходах цианида, не позволяет перевести в раствор более 9-40% золота. То есть золотосодержащий сульфидный концентрат является упорным для цианирования и требует дополнительной подготовки – окисления сульфидов с целью высвобождения от них золота. Альтернативные варианты окисления сульфидных флотационных концентратов – окислительный обжиг, биохимическое выщелачивание (БВ) и автоклавное вскрытие.

Для окисленных руд месторождения «Маломыр» гравитационное и флотационное обогащение характеризуется низким извлечением золота в концентраты. Наиболее приемлема технология прямого сорбционного цианирования. Извлечение золота из окисленных руд в зависимости от исходного содержания находится на уровне 72-84%. Опятами перколяционного выщелачивания по классам крупности руды (-50+30 мм, -30+12 мм, -12+1 мм и -1мм) определена пригодность окисленных проб руды для технологии кучного выщелачивания с прогнозным извлечением металла на уровне 55-60%.

По запасам и прогнозным ресурсам «Маломыр» – среднее месторождение золота с низким средним содержанием металла (около 2.5 г/т). По месторождению утверждены запасы золота по категориям C_1+C_2 в количестве 43 т, прогнозные ресурсы золота категории P_1 составляют 42 т (А.Е. Пересторонин, 1993; Минерально-сырьевая..., 2000). В 2010 г. началась отработка месторождения карьерным способом. Добыча золота: 2010 г. – 778.5 кг, 2011 г. – 3013.6 кг, 2012 г. – 3175.1 кг, 2013 г. – 3525 кг, 2014 г. – 820 кг, 2015 г. – 700 кг. Всего добыто 12.012 т золота.

Месторождение «*Нони*» локализовано в юго-западном секторе Нонинского рудно-россыпного узла Гуджальского рудно-россыпного района Восточно-Буреинской металлогенической зоны. Оно изучалось А.И. Лобовым, А.Е. Пересторониным, В.Н. Борозняком, Г.Б. Соломатиним, В.И. Чеботаревой и В.А. Буряком. Месторождение приурочено к зоне разрывных нарушений шириной 100-700 м северо-восточной и субмеридиональной ориентировки, длиной 2-2.5 км (рис. 5.5). В его пределах породы ургальской свиты представлены пологозалегающими пластами песчаников мощностью 70-150 м, заключенными между sillами диоритовых порфиритов мощностью 30-130 м. Пласты осадочных пород пронизаны более мелкими sillами андезитов и диоритовых порфиритов мощностью 0.5-10 м.

Золотое оруденение приурочено к тектонически проработанным участкам месторождения, для которых характерны повышенная гетерогенность разреза вмещающих толщ,

резкие изменения мощностей осадочных пород и силлов, выклинивание последних по латерали, появление даек.

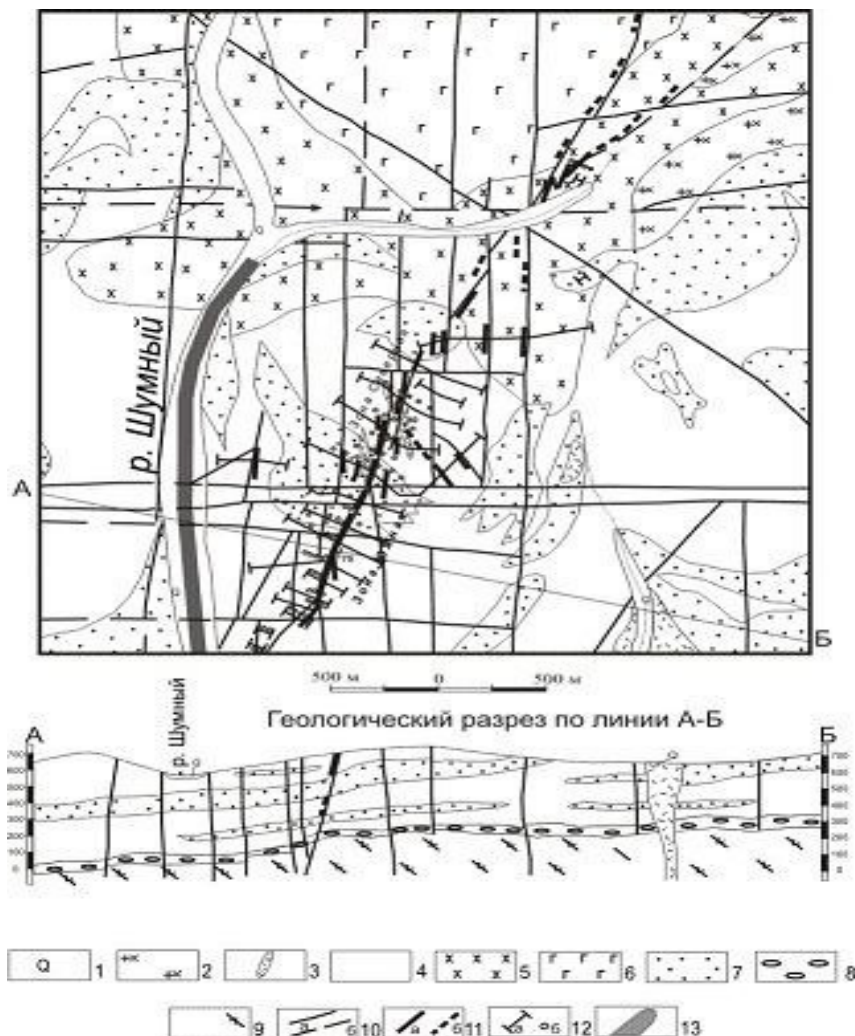


Рис.5.5. Схематическая геологическая карта месторождения «Нони»:

1 – аллювиальные отложения четвертичного периода; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – дайки риодацитов; 4 – диоритовые, андезитовые порфиры, андезиты; 5 – диориты; 6 – габбро, габбро-диориты; 7 – ургальская свита нижнего мела: песчаники с прослоями алевролитов, конгломератов, гравелитов, прослои каменных углей; 8 – базальные конгломераты; 9 – мраморы, биотит-амфиболовые кристаллосланцы верхнего архея; 10 – разрывные нарушения: а) установленные, б) предполагаемые по геофизическим данным; 11 – кварцево-сульфидные рудные тела: а) вскрытые канавами, б) предполагаемые; 12 – горные выработки: а) канавы, б) скважины колонкового бурения; 13 – россыпь золота.

Формирование золотого оруденения сопряжено с пропилизацией, березитизацией и аргиллизацией вмещающих пород. Наиболее ранними метасоматитами являются пропилиты, затем были образованы березиты, еще позднее – аргиллизиты. Отмечается закономерная приуроченность богатых промышленных золотосульфидных рудных тел к центральным частям полнопроявленной метасоматической колонки (от пропилитов к аргиллизитам). Золотосульфидные тела обычно локализуются в ореолах гидротермально-метасоматических изменений с максимальной мощностью и степенью замещения пород эпигенетическими минералами (до полнопроявленных метасоматитов).

Золотое оруденение Нонинского месторождения представлено тремя основными типами (Пересторонин, Степанов, 2007 г.):

слабо и умеренно золотоносные (2-23 г/т), сложно построенные жило- и линзообразные секущие крутонаклонные тела массивных и вкрапленно-массивных (карбонат)-кварц-сульфидных руд с содержаниями сульфидов 20-95%. Мощность их изменяется от 0.1 до 11 м, протяженность по падению – от десятков метров до первых сотен метров, по простиранию – от десятков метров до сотен метров;

слабо золотоносная (0.3-3 г/т) прожилково-вкрапленная минерализация (сульфидов 1-5%, редко – более), сопровождающая первый тип в виде сопряженных ореолов, а также слагающие субпластовые зоны вкрапленности (мощностью 3-10 м и более), отходящие от основных золотосульфидных тел и развивающиеся избирательно по sillам диоритовых порфиритов;

более поздние слабо золотоносные (сотые доли г/т – 2 г/т, редко – более) кварцевые и карбонат-кварцевые жилы и малосульфидные прожилки, развитые как на участках распространения золотосульфидных руд, так и за их пределами.

Промышленное значение имеет первый тип оруденения. Рудные тела месторождения локализируются в пределах полосы сближенных сульфидизированных зон дробления, катаклаза, брекчирования на кварц-сульфидном цементе.

Контроль золоторудных тел определяется структурным и литологическим факторами. Структурный фактор выражается в отчетливой приуроченности рудных тел к узлам пересечения крутопадающих разломов разных направлений (северо-восточных, меридиональных, северо-западных). Литологический фактор важен для формирования промышленного оруденения. Наиболее золотоносные рудные тела локализируются в пределах sillов диоритовых порфиритов. В случае продолжения рудных тел в осадочные породы (песчаники, алевролиты) параметры их уменьшаются.

Основные запасы золота сосредоточены в Южной и Северной рудоносных зонах. Рудная зона «Южная» ориентирована в северо-восточном направлении. Она состоит из жило- и линзовидных тел карбонат-кварц-сульфидных брекчий, локализованных в зонах дробления. Общая протяженность зоны составляет 750 м. По вертикали она прослежена на 80 м в южной части и на 170 м – в северной. Падение рудных тел меняется от субвертикального до крутого, под углом 70-80°. Оруденение располагается в пределах sillа диоритовых порфиритов между двумя пластами песчаников. Рудные тела представлены кварц-сульфидными и карбонат-кварц-сульфидными брекчиями. Содержание сульфидов в них меняется от 20-40% до 90%. Содержание золота в брекчиях колеблется от первых до 15 г/т (среднее – 8.5 г/т), серебра – от 10-15 до 240 г/т, меди – от 0.2 до 5.5%. Основное рудное тело имеет форму линзы с раздувами от 5 до 11 м и пережимами до 1-2 м.

Рудная зона «Северная» имеет ширину 40-100 м. Общая протяженность зоны по латерали составляет 700 м, по вертикали – от 100 до 360 м. Зона состоит из серии разобщенных кулисообразных жильных и линзовидных тел золотоносных карбонат-кварц-сульфидных брекчий. Мощность их меняется от первых десятков сантиметров до 3 м, а протяженность по простиранию от 40-50 до 200 м. По падению рудные тела прослежены на 30-40 м в южной части зоны и на 200 м – в северной части. Содержания золота в рудных телах зоны «Северная» составляют от первых единиц до 23.9 г/т.

На месторождении выделены этапы, стадии, подстадии минералообразования и соответствующие им минеральные ассоциации. Рудный этап состоит из двух стадий: ранней – золото-колчеданно-полиметаллической и поздней – золото-кварцевой. Золото-колчеданно-полиметаллическая стадия подразделяется на две подстадии: раннюю – золотосодержащую арсенопирит-пирротин-пиритовую (колчеданную) и позднюю – золото-кварц-полиметаллическую. Золотосодержащая арсенопирит-пирротин-пиритовая (колчеданная) ассоциация отражает ранние этапы рудного процесса. Характерными ее признаками являются относительно крупнокристаллические (до 4-5 мм) или колломорфно-зональные выделения сульфидов (рис. 5.6). Преобладающие минералы – пирит, мельниковит-пирит, пирротин, арсенопирит.

Золото-кварц-полиметаллическая ассоциация наложена на раннюю золотосодержащую. Основные минералы этой ассоциации: пирит, халькопирит, реже – арсенопирит, кварц. Иногда встречаются пирротин, сфалерит, галенит, теннантит, еще реже – булан-

жерит, джемсонит, висмутин, козалит, молибденит, вольфрамит (ферберит). Сульфиды часто встречаются в сростаниях с кварцем и карбонатами.

Золотокварцевая стадия разделяется на две подстадии: раннюю, собственно золотокварцевую, и позднюю, золотосодержащую карбонат-кварцевую. Золотокварцевая ассоциация представлена маломощными жилами, прожилками кварца в ассоциации с тонкозернистыми сульфидами. Золотосодержащая карбонат-кварцевая ассоциация представлена кварц-карбонатными (доломит, родохрозит) прожилками, ассоциирующими с тонкорассеянными сульфидами. Содержания золота в кварцевых жилах и прожилках десятые доли г/т, редко – до 1-5 г/т.

Пострудный этап на месторождении «Нони» представлен стадией халцедоновидных и кальцитовых прожилков, секущих рудные тела и развивающихся в непосредственной близости от них. Мощность таких прожилков редко превышает 3-5 см.

В гипергенный этап происходило окисление сульфидов с образованием натечных масс гидроксидов железа, марганца, вторичных минералов меди, свинца, сурьмы. Повсеместно минералы зоны гипергенеза ассоциируют с переотложенным мелкодрузовидным кварцем, часто окрашенным в ржаво-коричневые тона за счет гидроксидов железа.

Наиболее распространенным минералом руд является пирит, иногда преобладает арсенопирит, реже – пирротин. Халькопирит в той или иной мере присутствует во всех типах руд, содержание его обычно 3-20% (до 30%). Галенит и сфалерит, как правило, встречаются в незначительных количествах (0.1-5%), в виде отдельных гнездовидных скоплений. Руды, обогащенные теннантитом, висмутином, буланжеритом, отмечаются редко. Нерудные минералы представлены кварцем, карбонатами (анкерит, доломит, кальцит), серицитом, хлоритом, гидрослюдами и каолинитом.

Первичные руды (золото-сульфидные, золото-кварц-сульфидные и золото-карбонат-кварц-сульфидные) по минеральному составу подразделяются на халькопирит-пиритовые и арсенопиритовые (рис. 5.7).

Наиболее часто встречаются три минеральных типа руд:

золото-кварц-(карбонат)-халькопирит-пиритовые руды с незначительной примесью арсенопирита, галенита, блеклых руд, буланжерита, ферберита, сфалерита; ими сложены наиболее мощные (до 5-9 м) и богатые по содержанию золота и серебра рудные тела;

золото-кварц-(карбонат)-арсенопиритовые руды с подчиненными пиритом, блеклыми рудами, сфалеритом, галенитом характеризуются невысокими содержаниями золота и серебра, мощность рудных тел – от 0.3 до 3-4 м;

золото-кварц-(карбонат)-марказит-пирит-арсенопиритовые руды с переменными содержаниями буланжерита, халькопирита, молибденита, висмутина, блеклых руд; содержания золота и серебра обычно средние, мощность рудных тел невысока – 0.5-3 м.

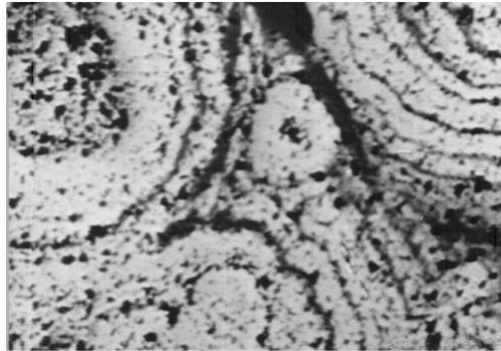


Рис. 5.6. Колломорфно-зональная текстура колчеданной руды. Аншлиф, увел. 30.

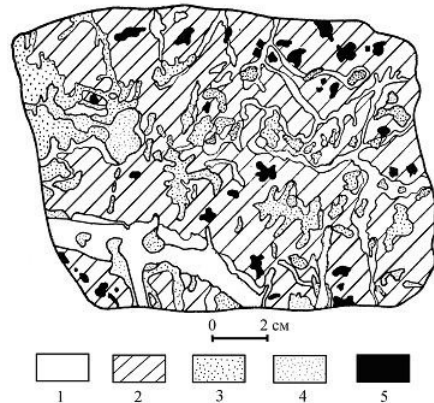


Рис. 5.7. Золотосодержащая арсенопирит-халькопирит-пиритовая руда петельчато-вкрапленной текстуры. Зарисовка пришлифовки: 1 – арсенопирит; 2 – пирит; 3 – халькопирит; 4 – кварц; 5 – друзовые микропустотки.

Золото в рудах связано, главным образом, в сульфидах. Содержание Au в пирите-1 составляет 1.6 г/т (14 проб), в пирите-2 – 50 г/т (18 проб). В сульфидных рудах золото, как правило, тонкое и дисперсное (тысячные – сотые доли миллиметра). При наложении кварцевой минерализации на золото-сульфидные руды происходит как обеднение руд золотом (за счет «разбавления» кварцем), так и укрупнение золотинок, размер которых иногда достигает 0.5 мм. По данным амальгамации, доля свободного золота составляет 13,5 %. Изредка самородное золото отмечается в аншлифах (рис. 5.8).

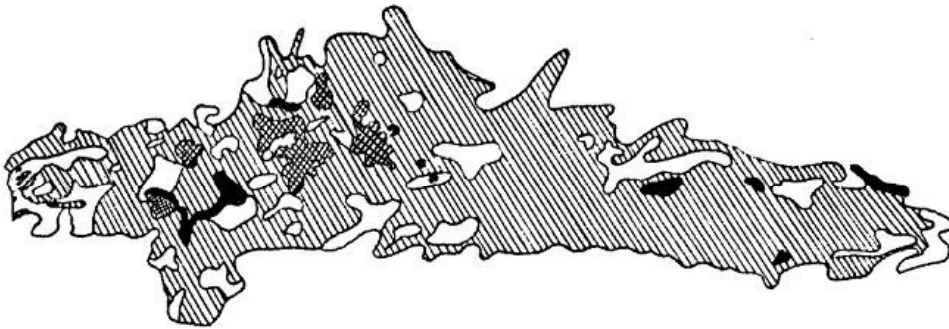


Рис. 5.8. Жилковидные формы выделения золота (черное) в теннантите (штриховка в полосу), незаштрихованное – серебросодержащий теннантит, штриховка в клетку – гидроксиды железа. Зарисовка аншлифа, увел. 90.

В шлиховых пробах из делювия канав золото отмечается часто. 80% от общего количества отмытого золота составляют золотинокки размером 0.1-0.3 мм (75% общего веса), 10-17% приходится на золото меньших размеров.

При более тщательной промывке проб в лабораторных условиях путем длительного их отмучивания доля тонких фракций золота (менее 0.1 мм) возрастает до 20-30%.

Две пробы сульфидов были полностью растворены путем длительного многократного выдерживания в азотной кислоте при нагревании и сложном неоднократном фильтровании. Пробы были отобраны из рудного интервала скважины 1, вес растворенных сульфидов составил 537 гр. После тщательной промывки на лотке (в лабораторных условиях) в первой пробе обнаружено 4 золотины: две комковато-угловатые размером 0.2 мм, одна жилковидно-пластинчатая размером 0.3 мм, одна удлиненная до 0.4 мм. Во второй пробе, обработанной с применением отмучивания и отсадки, были обнаружены 4 визуально различных золотины и 72 тонких знака размером – сотые доли миллиметра и менее (рис.5.9).

Наиболее крупное зерно золота размером 0.8x1x1 мм имеет форму с много-

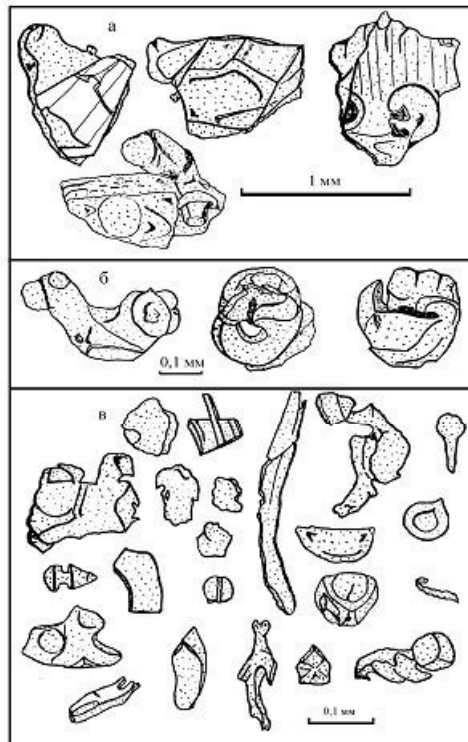


Рис. 5.9. Формы относительно крупных (а, б) и мелких (в) золотинок, выделенных путем полного растворения из сульфидов.

численными выступами и углублениями. Поверхность его рельефная, мелкоямчатая. Отмечаются отпечатки граней пирита. Остальные золотишки также «бугорчатые», желтого цвета, но значительно меньших размеров – сотые и десятые доли миллиметра. Форма этих золотинок пластинчатая, комковатая, изометричная, изогнутая, часто с отпечатками граней сульфидов. Многочисленные еще более мелкие золотины имеют комковатые, жилковидные и ступенчатые формы. Размер их менее 0.1 м. Наиболее распространена проба золота из первичных руд в интервале 800-850‰, из зоны окисления несколько выше – 850-900‰ (рис. 5.10).

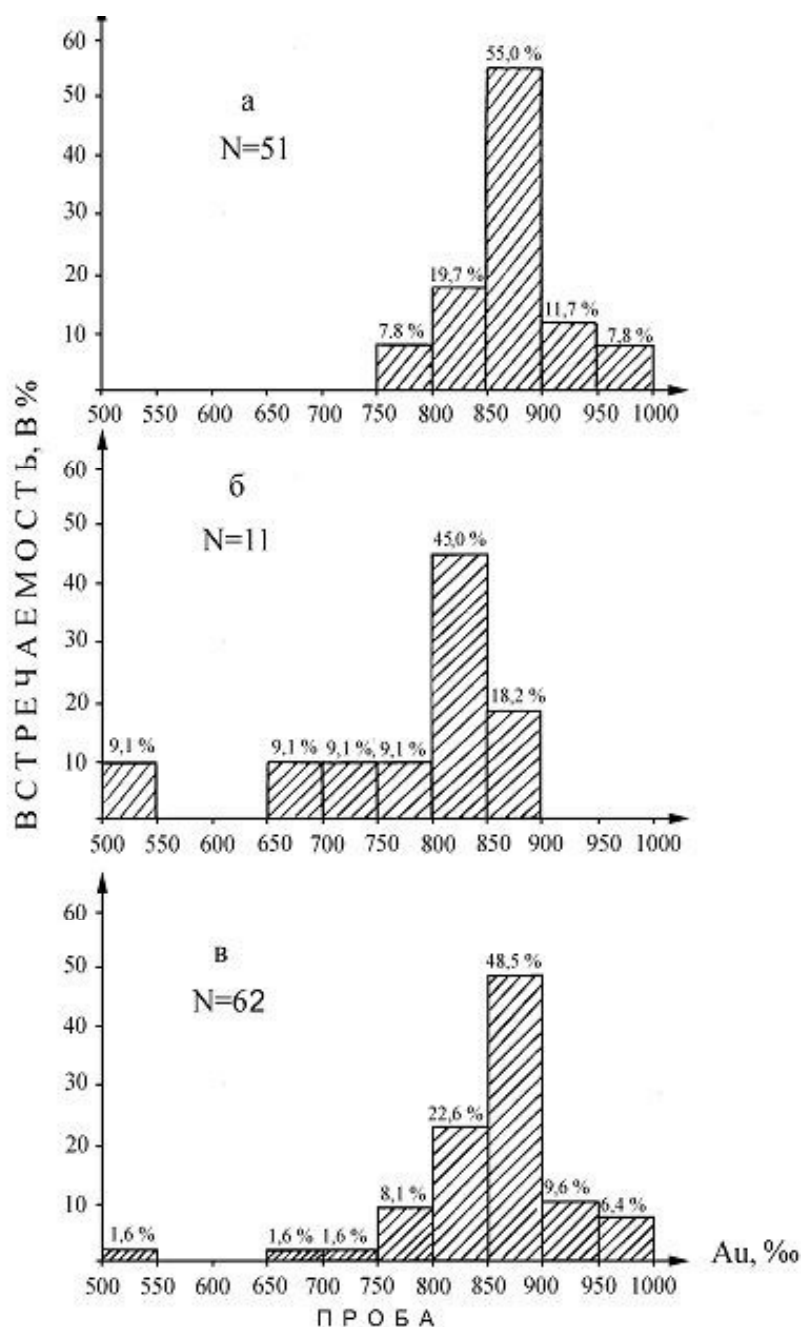


Рис. 5.10. Гистограммы распределения пробы самородного золота Нонинского месторождения: а – в зоне окисления, б – гипогенного, в – суммарная выборка.

Среди гипогенного золота отмечается наличие электрума. Наиболее характерными элементами-примесями самородного золота Нонинского месторождения являются серебро, медь, железо, титан и ртуть.

Геохимия руд и зональность оруденения. Основные полезные компоненты руд – золото, серебро и медь. Кроме того, отмечаются устойчиво повышенные содержания мышьяка, цинка, свинца, а также сурьмы, висмута (рис. 5.11), иногда – вольфрама и кобальта.

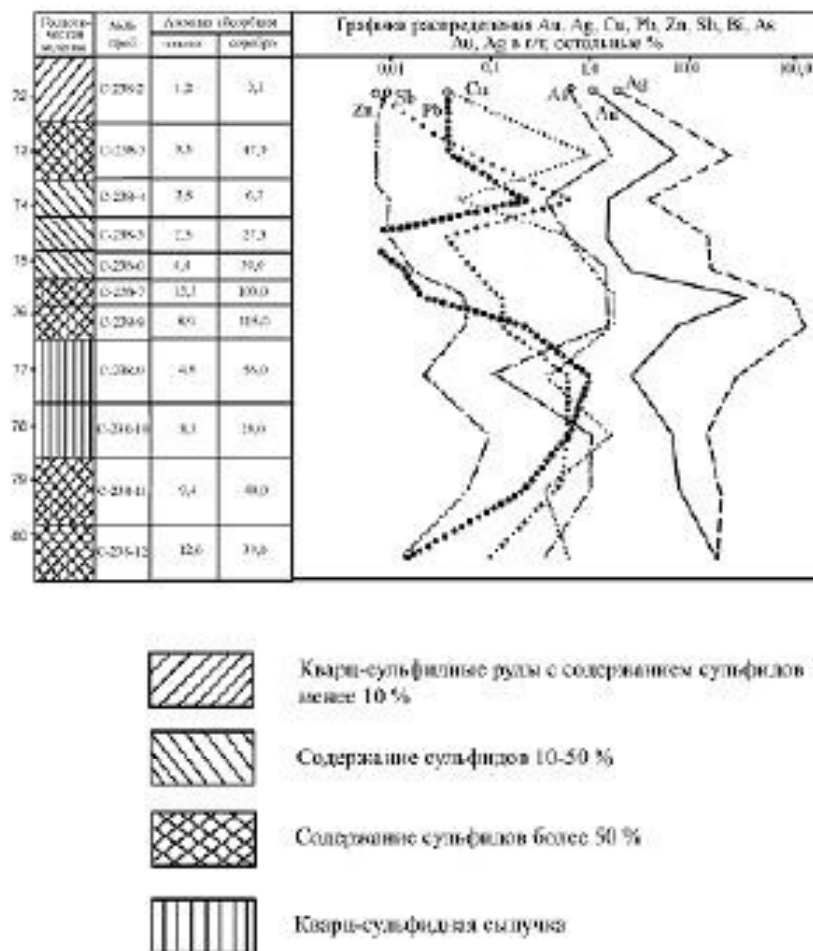


Рис. 5.11. Распределение рудных элементов в золото-сульфидной руде: 1-3 – кварц-сульфидные руды с содержанием сульфидов: 1 – менее 10%, 2 –10-50%, 3 – более 50%, 4 – кварц-сульфидная сыпучка.

Существует некоторое отличие корреляционных связей между элементами-спутниками Северной и Южной зон месторождения. В Северной золото имеет положительную корреляцию с серебром и висмутом; серебро с золотом, висмутом, свинцом; медь – со свинцом, кобальтом, менее с мышьяком, сурьмой; в Южной золото коррелирует с медью, меньше – с вольфрамом, серебром и слабо – с сурьмой, цинком; серебро – с вольфрамом, цинком, менее – с сурьмой, кобальтом, медью, золотом и, наконец, медь имеет корреляционные связи с золотом, висмутом, цинком, мышьяком, вольфрамом, кобальтом. В целом уровни концентрации золота и элементов-спутников в рудах Северной и Южной зон примерно одинаковы для бедных, рядовых и богатых руд. Основная ассоциация элементов месторождения: **As-Bi-Sb-Ag-Au-Cu-W-Pb-Co**.

Лабораторные технологические испытания золотосодержащих руд Нонинского месторождения выполнены в отделе технологии ДВИМСа для двух проб первичных руд.

Проба 1 представляла собой колчеданную руду, на 75-95% состоящую из сульфидов (арсенипирит, пирит, халькопирит) и на 5-10% – из кварца. Содержание золота в пробе 20 г/т, серебра – 106 г/т. Для определения содержания свободного золота использовался процесс амальгамации. Пробы были разделены отмучиванием на два класса крупности: +0,02 и -0,02 мм. Амальгамации подвергались продукты крупностью +0,02 мм.

Извлечение золота амальгамацией низкое, оно указывает, что всего 13% золота находится в свободном виде. Наиболее приемлемой технологией обогащения руды пробы 1 является флотация с последующей металлургической переработкой. По простой схеме флотации получен концентрат с содержанием золота 49 г/т и извлечением 85.5%. Из подобного концентрата золото извлекается непосредственной плавкой. В хвостах флотации (14.5% материала) содержание золота составило 9.62 г/т. В хвостах второй основной флотации золота меньше – 5.9 г/т, что объясняется приуроченностью основной его массы к сульфидам.

Проба 2 представляла кварц-сульфидную руду со средневзвешенным содержанием золота 7.1 г/т и серебра 115 г/т. Кроме того, в ней содержались медь (3%), мышьяк (3%), свинец (2%), цинк (0.8%), висмут (0.3%), кобальт (0.3%), сурьма (0.1%). Для исследований проба 2 была разделена на 4 части: малосульфидную (до 10% сульфидов); умеренно сульфидную (до 50% сульфидов); сульфидную (более 50% сульфидов) и сульфидную сыпучку (также более 50% сульфидов). Каждая часть перед флотацией измельчалась до 0.16 мм, при исследовании по гравитационной схеме дробление производилось до 0.4 мм.

Гравитационное обогащение оказалось неэффективным ввиду мелких размеров золота (менее 0.1 мм) и его тесной связи с сульфидами.

Результаты флотационного обогащения высокие. Существует зависимость степени извлечения золота от величины содержания сульфидов: чем оно выше, тем выше извлечение золота в концентрат. Не извлекаемое в концентрат золото находится в основном в сростках с кварцем в виде мелких частиц (менее 0.1 мм). Оно не извлекается даже при тонком помоле руды.

Содержание золота в окисленной руде составило в первой пробе 11 г/т, серебра 60 г/т, во второй пробе – золота 1.9 г/т, серебра 13.5 г/т. Пробы окисленных руд не флотировались, так как являются бессульфидными или малосульфидными. В отличие от неокисленных руд окисленные частично могут обогащаться гравитационным способом. Богатый концентрат получен из пробы с исходным более высоким содержанием золота. В хвостах окисленных руд остается подавляющая масса золота. Оно несколько крупнее золота из неокисленных руд, находится в тесном сростании с продуктами окисления сульфидов и покрыто лимонитовой пленкой, поэтому трудно поддается гравитации. Это золото извлекается цианированием.

Проведенные технологические исследования первичных руд свидетельствуют, что они благоприятны для переработки по флотационно-цианидной технологии. Извлечение золота в концентрат составляет 90-95%. Наряду с золотом, из сульфидного концентрата могут извлекаться медь и серебро. В окисленных рудах доля свободного золота, извлекаемого гравитацией, возрастает до 12%, однако в целом остается незначительной, что связано с мелкими размерами золотин и тесным сростанием их с продуктами окисления сульфидов. Окисленные руды можно перерабатывать кучным выщелачиванием.

Месторождение «Нони» рассматривается как полигенное – плутоногенно-вулканогенное золото-сульфидное средних глубин, золото-полиметалльного геохимического типа. Оно сформировалось в меловое время. Своеобразие месторождения в том, что на ранних стадиях рудного процесса проявилось слабозолотоносное колчеданное оруденение. На него наложена золотосульфидная и наиболее поздняя золотокварцевая минерализация.

Месторождение «Осеннее» расположено в западной части Маломырского рудного поля одноименного рудно-россыпного узла Джагды-Селемжинской металлогенической

зоны, в бассейне руч. Березового, левого притока р. Малян-Макит и руч. Успенский, правого притока р. Нижняя Стойба. В геологическом строении площади принимают участие породы сагурской свиты среднего карбона: расланцованные песчаники, филлитизированные глинистые сланцы, серицит-альбит-кварцевые, эпидот-актинолит-альбитовые сланцы, metabазальты, мраморизованные известняки, а также златоустовской свиты среднего карбона: серицит-альбит-кварцевые, серицит-кварц-альбитовые, часто углеродсодержащие сланцы, расланцованные песчаники (рис. 5.12).

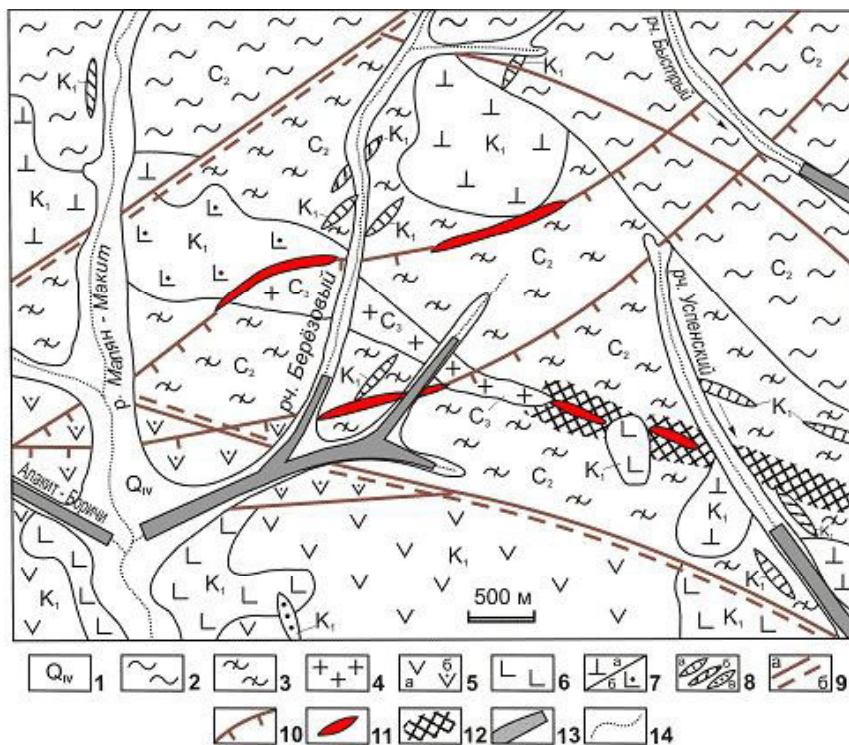


Рис. 5.12. Месторождение «Осеннее» (В.Н. Лапшин и др., 2012):

1 – современный аллювий, 2 – златоустовская свита: серицит-альбит-кварцевые, серицит-кварц-альбитовые сланцы, расланцованные песчаники, 3 – сагурская свита: расланцованные песчаники, глинистые сланцы, эпидот-актинолит-альбитовые сланцы, мраморизованные известняки, 4 – плагиограниты, 5 – бурундинская толща: а) верхняя подтолща – андезиты, андезибазальты, б) нижняя подтолща – туфы андезитов, андезибазальтов, туфопесчаники, 6 – бурундинский комплекс: субвулканические дациты, дациандезиты, 7 – унериканский комплекс: а) субвулканические дациты, дациандезиты, б) андезиты, автомагматические брекчии дацитов, 8 – дайки: а) диоритовых порфириров, б) риодацитов, в) дацитов, дациандезитов, 9 – а) разломы, б) нерасчлененные тектониты, 10 – предполагаемая золотоносная структура надвигового типа, 11 – золоторудные тела, 12 – участки окварцевания и сульфидизации, 13 – россыпи золота, 14 – водотоки.

Терригенные породы прорваны позднекарбовыми интрузиями плагиогранитов, плагиолейкогранитов, плагиогранит-порфириров и раннемеловыми интрузиями дацитов, дациандезитов, андезитов, андезибазальтов, а также дайками диоритовых порфириров, кварцевых диоритовых порфириров.

Месторождение локализовано на участках пересечения флексурных изгибов пологих складчато-сколовых зон крутопадающими диагональными долгоживущими разломами с углеродистыми милонитами, катаклазитами и автомагматическими брекчиями.

В пределах кварцевых метасоматитов локализована продуктивная прожилково-жильная золото-сульфидно-кварцевая минерализация. Рудные тела асимметричные, изометричные и конусовидные, их морфология на верхних уровнях определяется пологими складчато-сколовыми зонами, а на нижних – крутопадающими диагональными разломами.

Руды представлены различными текстурными типами метасоматитов с золотоносными полевошпат-(шеелит)-кварцевыми просечками и прожилками, в меньшей степени распространены мощные кварцевые жилы с высокими концентрациями золота (до 10 г/т). Преобладают золото-кварц-пиритовые или золото-кварц-арсенопиритовые метасоматиты. Руды – вкрапленные и прожилково-вкрапленные, отмечаются различные соотношения жильного, вкрапленного и прожилково-вкрапленного оруденения. Золото тонкое высокопробное.

На верхнерудных уровнях и флангах возрастает роль Sb и As, в этом же направлении увеличивается сульфидность метасоматитов и руд. Балансовые запасы золота категории C_1 – 12 т, C_2 – 17 т (Лапшин и др., 2012).

* * *

Золото-сульфидные месторождения Приамурья отличает приуроченность к углеродсодержащим толщам палеозойского и мезозойского возраста, прорванным многочисленными мелкими интрузиями и дайками преимущественно мелового возраста. Рудные тела часто имеют форму пологих залежей метасоматитов с вкрапленными и прожилково-вкрапленными золото-сульфидными рудами, реже встречаются секущие золото-сульфидно-кварцевые жилы. Золото преимущественно тонкое, заключено в сульфидах (пирит, арсенопирит), доля свободного золота невелика. Наибольший интерес представляют зоны окисления золото-сульфидных месторождений с легкообогатимыми рудами. Теоретический и практический интерес представляет выявленная в пределах Маломирского рудного узла пара сопряженных месторождений золото-кварцевого (Кварцитовое) и золото-сульфидного (Маломир) типов, что подтверждает гипотезу М.М. Константинова о бимодальных окисдно-сульфидных рудообразующих системах (Константинов, 2000).

Глава 6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЙ ФОРМАЦИИ

Золото-серебряные месторождения играют существенную роль в балансе золотодобычи Дальнего Востока. Среди них следует отметить месторождения: Купол, Кубака, Многовершинное, Карамкен, Хаканджинское, Агинское и др. Их отличают генетическая связь с вулканитами, близповерхностный уровень рудообразования, богатые легкообогатимые убогосульфидные руды адуляр-кварцевого состава, низкотемпературные метасоматические изменения вмещающих пород и низкопробное золото до электрума.

В Приамурской провинции известно 6 золото-серебряных месторождений: среднее по запасам золота «Покровское» и мелкие – «Буринда», «Желтунак», «Базовое», «Иличи Унахинские» и «Прогнозное».

Месторождение «**Покровское**» расположено в Тыгдинском рудно-россыпном узле Гонжинского рудного района Северо-Буреинской металлогенической зоны, в вершине руч. Сергеевского, притока р. Тыгда. Оно открыто в 1974-1975 гг. Первые находки рудного кварца установлены В.Д. Мельниковым, поисковые работы произведены геологсъемочной партией Зейской ГСЭ под руководством Ю.В. Кошкова, а поисково-оценочные и разведочные работы – под руководством Н.И. Баракова. Месторождение изучалось многими геологами (Ю.В. Кошков, Н.И. Бараков, А.И. Дементиенко, В.Д. Мельников, Г.С. Лопатинский, Л.О. Сахьянов, В.А. Гуменюк, А.П. Захаров, О.А. Кошенский, А.Б. Лазарев, Н.Г. Власов, А.А. Малышев, А.Е. Казанцев, В.Г. Хомич и др.). По нему имеются многочисленные публикации (Дементиенко, 1999; Хомич, 2001; 2006, Степанов и др., 2008; Константинов, 2010; Остапенко и др., 2013).

Рудовмещающими породами Покровского золоторудного месторождения являются нижнемеловые гранитоиды Сергеевского массива, прорывающие песчаники и алевролиты верхней юры. Те и другие прорваны и перекрыты ниже-верхнемеловыми вулканитами. Стержневым элементом структуры рудного поля является Покровский палеовулкан раннемелового возраста, который представлен жерлом, кальдерой и локальным купольным поднятием. Жерло диаметром около 500 м имеет воронкообразную форму. Кальдера, выполненная лаво-пирокластическим материалом дацитового и риодацитового состава, образует локальную просадку, обрамляющую жерло. Границами площади распространения вулканитов являются тектонические нарушения. Мощность вулканитов достигает 70 м. Экструзивный купол (жерловая фация) и его силлообразные апофизы мощностью от 10-15 м до 65 м образованы риолитами, дацитами и андезидацитами. Широко представлены дайки риолитов, риодацитов, диоритовых порфиритов, спессартитов. Они сконцентрированы в полосе северо-западного простирания шириной 250 м на западном фланге месторождения.

Покровское месторождение находится в пределах зоны слабого протяженного градиента магнитного поля, с перепадом значений около 100 нТл. Восточнее месторождения локализуются несколько локальных положительных аномалий магнитного поля интенсивностью в сотни нТл, связанных с вулканитами. Месторождение располагается в северной краевой части крупной положительной аномалии поля силы тяжести. Несколько южнее месторождения проходит протяженная гравитационная ступень субширотного простирания. Кроме того, месторождение находится в восточной части субмеридиональной зоны нарушения корреляции поля силы тяжести, пересекающей субширотные гравитационные ступени. В пределах этой зоны севернее находятся золоторудные месторождения «Пионер», «Александра», «Золотая Гора» и золото-меднопорфировое – «Иканское».

Породы рудовмещающего комплекса претерпели неоднократное воздействие гидротермально-метасоматических процессов. Наиболее широко проявлены дорудные пропилизация и аргиллизация. Пропилиты развиты преимущественно по вулканитам среднего состава на флангах рудного поля. Аргиллизация проявлена более интенсивно. Ей подвергнуты все разности пород, вне зависимости от исходного состава.

Предрудные кварц-серицит-гидрослюдистые околотрещинные изменения образуют широкий ореол (шириной до первых десятков метров) в центральной части месторождения и накладываются на аргиллизиты. Кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты формируют своеобразный «чехол», в который заключены золотоносные кварцево-жильные и жильно-прожилковые образования. С кварцево-слюдистыми метасоматитами совпадают участки околорудного метасоматического окварцевания, карбонатизации и адуляризации. Мощность их не превышает первых десятков сантиметров. Уровень золотоносности кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов – десятые доли г/т. Минералом концентратом золота является пирит.

Месторождение представляет собой систему субгоризонтальных кварцевых жил, сопровождаемых линейно вытянутыми жильно-прожилковыми зонами и штокверками. Рудные зоны располагаются в апикальной части Сергеевского гранитного массива и залегают близгоризонтально, испытывая в разрезе плавные изгибы. Оруденение экранируется сверху покровными вулканитами и маломощными силлами дацитов, а снизу – силлом дацитов и риодацитов. По характеру геологического строения и степени рудоносности в пределах месторождения выделено три участка: «Покровка-1», «Покровка-2» и «Покровка-3» (рис. 6.1).

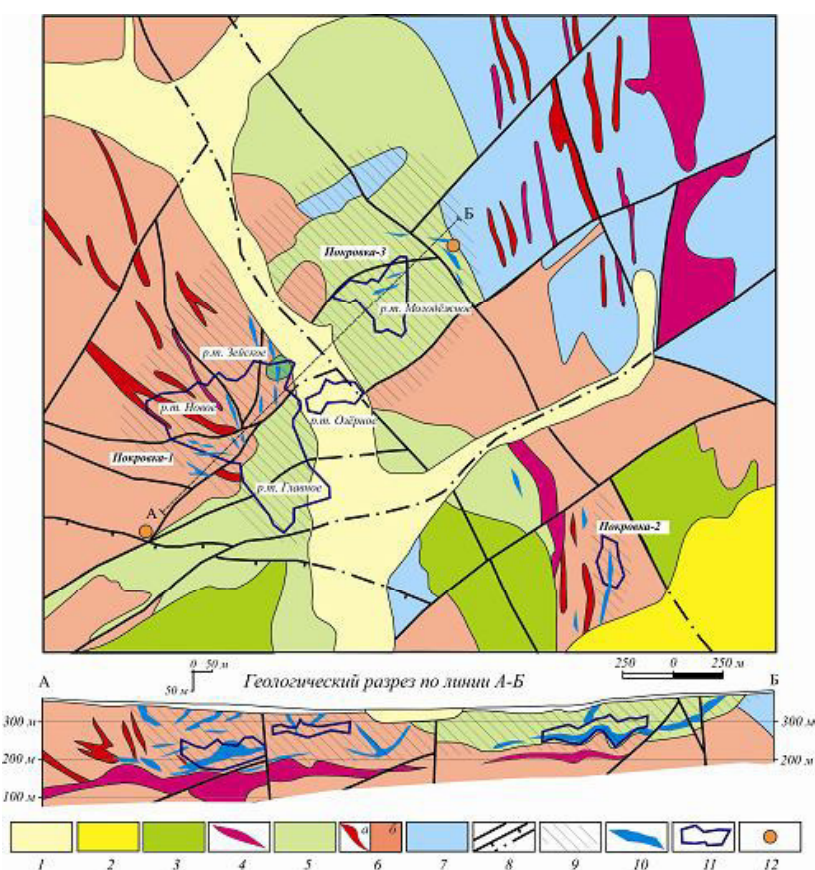


Рис. 6.1. Схематическая геологическая карта Покровского месторождения (Л.О. Сахьянов, 1985, с изменениями):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые отложения сазанковской свиты (пески, глины, алевриты); 3 – галькинская свита (K_2): туфобрекчии с линзами туфопесчаников, песчаников; 4 – талданский комплекс: дациты, дацит-порфиры; 5 – талданская свита: дациты, риодациты, их туфы, лавокластиты; 6 – верхнеамурский комплекс: а – гранит-порфиры; б – граниты биотитовые и гранодиориты; 7 – аякская свита: песчаники, алевролиты, аргиллиты; 8 – разломы; 9 – ареалы развития кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов; 10 – кварцевые тела (жилы); 11 – проекции рудных тел на горизонтальную и вертикальную плоскость; 12 – рудопроявления золота.

Рудные тела, вмещающие основные запасы золота (Главное, Новое, Озерное, Зейское и Молодежное), расположены в западной части месторождения на участках «Покровка-1» и «Покровка-3». Оруденение менее продуктивного участка «Покровка-2», расположенного в юго-восточной части месторождения, представлено зонами прожилково-сетчатого окварцевания в кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитах и аргиллизитах по гранитоидам и вулканитам, а также обломочно-россыпными (окисленными) телами в виде промышленных скоплений обломков рудного кварца в фангломератах и неоген-четвертичных отложениях сазанковской свиты.

Силл дацитов, являющийся нижней границей золотого оруденения, распространен как в пределах месторождения, так и за пределами рудного контура. Мощность его меняется от 40-60 м до нескольких сантиметров. При сравнении карт изогипс кровли и изопакит мощности силла и рудных тел обнаружены конформность изолиний концентрации оруденения и изогипс кровли силла (рис. 6.2).

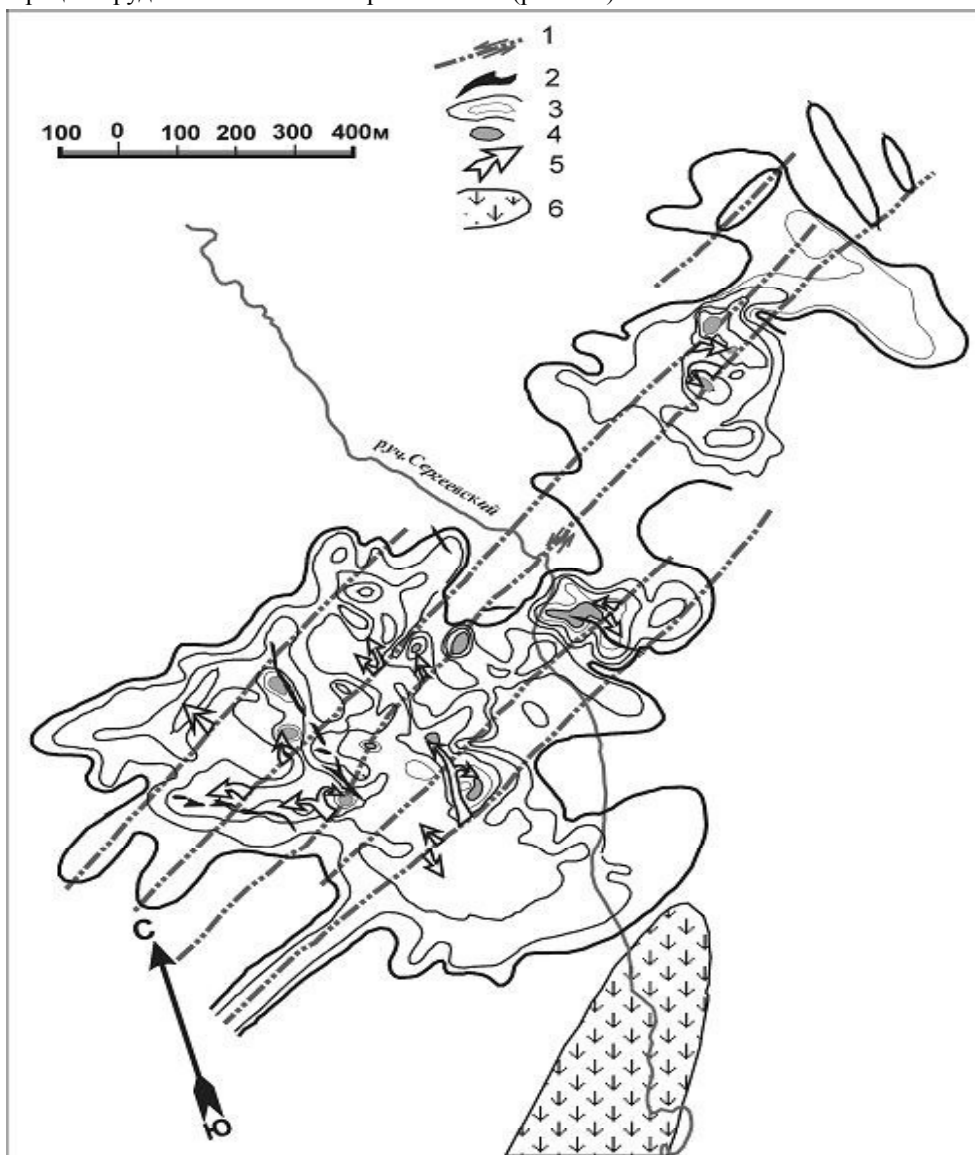


Рис. 6.2. Структура Покровского месторождения в метрограммах: 1 – разрывные нарушения и направления смещения по ним; 2 – кварцевые жилы; 3 – изоконцентраты оруденения, м×г/т; 4 – аномалии концентрации оруденения (>200 м×г/т); 5 – направление движения рудогенерирующих растворов; 6 – жерло Покровского палеовулкана.

Из рис. 6.2 видно, что благоприятными для рудоотложения были склоны поверхности силла, являвшиеся зонами проникновения и разгрузки гидротермальных флюидов. Они совпадают с разломами северо-восточного простирания, прослеженными геологическими и геофизическими наблюдениями на значительную глубину. Эти разломы служили рудоподводящими структурами. К ним приурочены повышенные значения золото-серебряного отношения. Рудные столбы сосредоточены в местах сочленения рудоподводящих и оперяющих их рудолокализирующих структур. Интересно, что субгоризонтальный силл дацитов имеет структурную связь с рудными телами и на крупном золото-серебряном месторождении «Кубака», расположенном на Омолонском срединном массиве (Степанов, Шишакова, 1994). Не исключено, что в обоих случаях дациты играют определенную рудогенерирующую роль.

Основные рудные тела представлены пологозалегающими зонами прожилкового окварцования пород (гранитов и туфов) мощностью от первых до 70 м, с размерами в плане от 130-200х60-140 м до 800х350 м. Рудные тела в разрезе имеют пластообразную форму и представляют собой сложные жилные зоны, образованные совокупностью круто- и пологопадающих кварцевых и кварц-карбонатных жил, прожилков штокверкового типа, а также брекчий кварцевого состава. Кварцевые жилы являются «стержневыми» в этих зонах, их количество достигает 4-5, при этом крутопадающие кварцевые жилы преобладают в центральной части месторождения. Для «стержневых», наиболее продуктивных зон, характерно полное совмещение всех минеральных ассоциаций, известных на месторождении. Зоны прожилкования и кварцевые брекчии, как правило, уступают кварцевым жилам по уровню золотоносности. Прожилковое окварцование развито со стороны висячих боков рудных тел. Зоны окварцованных брекчий обычно залегают полого и чаще всего локализуются в лежачих боках рудоносных зон. Средние содержания золота по месторождению – 3-4.5 г/т.

Руды Покровского месторождения представляют собой в разной степени окварцованные (вплоть до жил выполнения) и аргиллизированные вулканиты и гранитоиды с весьма неравномерной вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотосеребряной минерализацией (рис. 6.3).

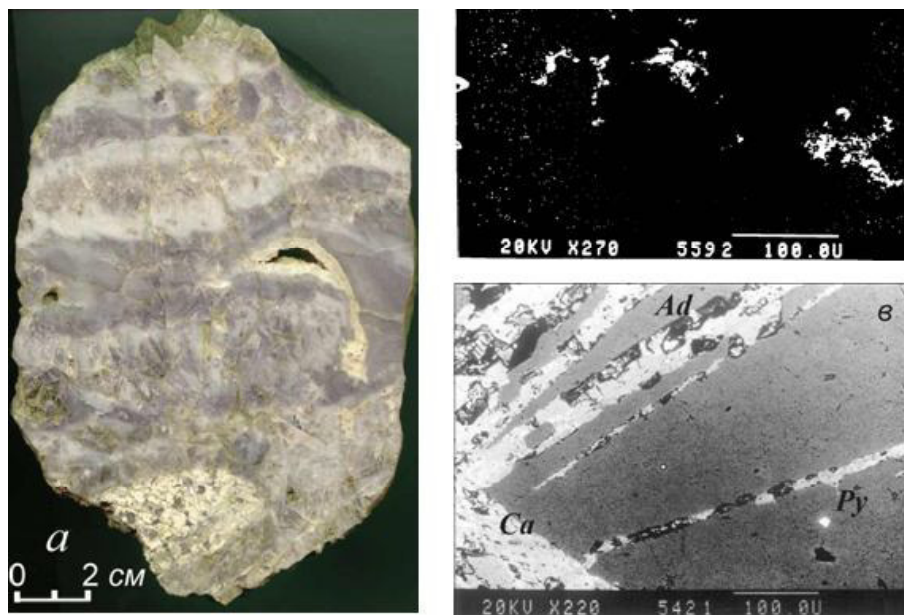


Рис. 6.3. Руда из центральной части (шурф № 35) рудного тела «Главное» Покровского месторождения:

а – аметистовидный кварц с содержанием золота 36 г/т; б – золото тонкодисперсное, в виде шлировых выделений; в – кварц с карбонатными (*Ca* – светлая фаза) и адуляровыми (*Ad* – темная фаза) прожилками, содержит вкрапленность пирита (*Py*).

Текстуры руд чаще всего брекчиевые, колломорфно-полосчатые, каркасно-пластинчатые. Структуры кварца – мелкозернистые до халцедоновидных. Содержание в рудах жильного кварца меняется от 25-30% до 85%. Кроме кварца, среди жильных минералов присутствуют карбонаты (кальцит, доломит) – 2-5%, гидрослюда – до 5-12%, адуляр – до 3-5% и каолинит – до 5-7%. Количество рудных минералов (сульфидов) в среднем составляет около 1%, при колебаниях от 0.5% до 3.5%. На глубоких горизонтах участка «Покровка-2» содержание сульфидов увеличивается до 4-7%. Среди сульфидов преобладает пирит (90-95%). В меньших количествах отмечаются марказит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, гематит. Редко встречаются золото, электрум, антимонит, аргентит, полибазит, прустит, пираргирит, киноварь, теннантит, фрейбергит, штернбергит, айкинит, борнит, энаргит, магнетит, самородное железо и висмутин.

Самородное золото по крупности относится к тонкому и тонкодисперсному. Основная его масса приурочена к кварцу. Золото образует самостоятельные выделения в кварце, в зонах микробрекчий на границах с обломками минералов и пород, реже – по трещинкам в пирите. Отмечаются сростки золота с аргентитом и полибазитом. Форма золотинок губчатая, чешуйчатая, пластинчатая, проволочковидная. Цвет бледно-желтый. Проба от 595 до 735‰ (средняя 685‰). Размер золотинок преимущественно 0.003-0.07 мм.

По данным рационального анализа, доля цианируемого золота в первичных рудах составляет в среднем 82–87% (что на 10–12% ниже, чем в окисленных рудах). Упорное (не извлекаемое прямым цианированием) золото приурочено в основном к сульфидам (4.4-8.1%), к гидроксидам железа и пирротину (5 – 8.5%). Для руд месторождения испытаны три основные технологические схемы обогащения: гравитационно-цианидная, гравитационно-флотационная и цианидная для кучного выщелачивания.

По данным химического анализа, на долю оксида кремния в рудах приходится 63-74%, глинозема – 9.8-16.7%. Количество оксидов кальция и магния составляет соответственно 1.9-2.2% и 0.9-2.1%. Сульфидная составляющая представлена, главным образом, серой (0.8-1.2%) и железом (2.1-2.5%). Характерны низкие содержания Na_2O (менее 1%) и повышенные K_2O (2.5-5.0%). В рудах обычно повышены содержания As (сотые доли процента), Sb (тысячные, редко – сотые доли процента), Bi (тысячные до сотых процента), Zn и Pb (тысячные, реже – сотые доли процента), Cu (тысячные, реже – сотые доли процента), Mo (до тысячных долей процента). Ценными элементами, имеющими практический интерес в первичных рудах, являются только золото (среднее содержание 3-4.6 г/т) и попутно извлекаемое серебро (6.8-8.3 г/т). Среднее отношение золота к серебру 1:0.8–1:1.7. В рудном теле «Молодежного» оно достигает 1:10, при колебании в отдельных пробах от 1:0.3 до 1:108.

Наиболее тесными корреляционными связями в рудах Покровского месторождения обладают золото и серебро. Установлены две геохимические ассоциации: золото-серебро-мышьяк-сурьмяная и медь-серебро-свинец-цинк-золотая. Ранжированный ряд элементов в кларках концентрации имеет следующий вид: Au(4142)–Sb(1835)–As(219)–Ag(185)–Mo(14). Геохимический тип руд Au–Ag–(Sb–As) (Д.Л. Вьюнов, 2003).

На месторождении развита кора выветривания гидрослюдисто-каолинитового профиля (Мельников и др., 2006). Мощность площадной коры достигает 40-50 м, а линейной – 150 м. Руда в пределах кор дезинтегрирована и окислена, количество глинистой составляющей в ней – 50-55%. Содержание золота в рудах из кор выветривания увеличивается на 20-25%. В верхней части коры выветривания нередко отмечаются так называемые «железные шляпы». В них наблюдаются натечные гипергенные образования, сложенные преимущественно гидроксидами железа. Содержание золота в подобных образованиях достигает 6.2 г/т. Золото преимущественно свободное, проба его увеличивается до 850-900‰.

Изотопное рубидий-стронциевое исследование возраста рудосопровождающих минералов из коллекции А.И. Дементенко выполнено в отделе изотопной геологии ВСЕГЕИ. Определение содержания рубидия и стронция, а также изотопного состава стронция выполнялось на приборе МИ-1201Т по стандартной методике. Проанализированы моно-

минеральные фракции адуляра и кальцита дорудной, ранней рудной, I и II продуктивных и пострудной стадий. Получены два изохронных графика идентичных по возрасту и слабо различающихся по первичному изотопному составу стронция (рис. 6.4).

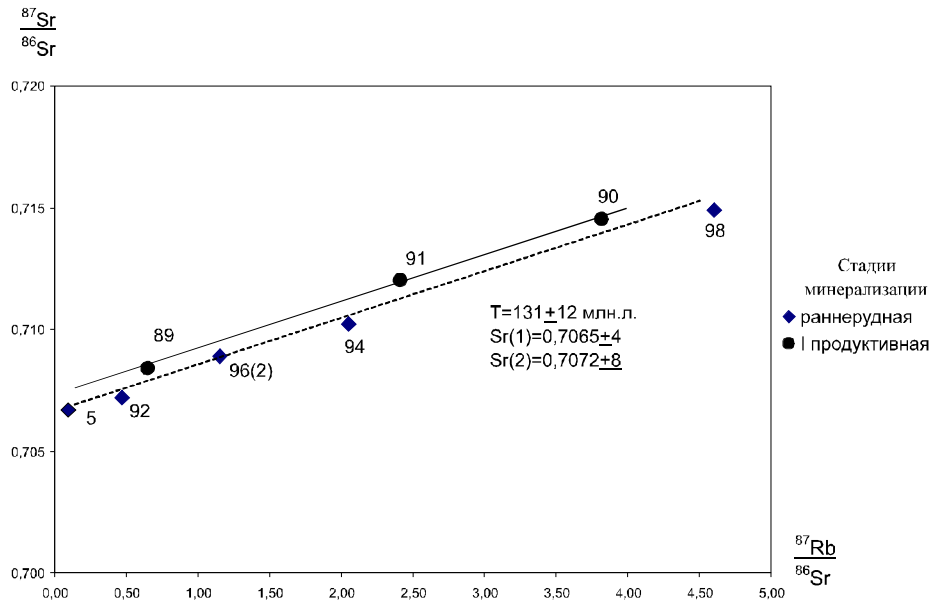


Рис. 6.4. RbSr–изохронные графики для рудосопровождающих минералов месторождения «Покровское».

Рассчитанное среднее значение возраста для данной коллекции рудосопровождающих минералов составляет 131 ± 12 млн. лет. Это указывает на раннемеловой возраст золотого оруденения Покровского месторождения (Моисеенко и др., 1997).

Месторождение «*Буринда*» расположено в одноименном рудно-россыпном узле Северо-Буринской металлогенической зоны, в истоках р. Левая Буринда. Узел локализован на пересечении крупных зон разломов северо-западного и северо-восточного простираний. Структура узла представляет собой купольное поднятие, в центральной части которого развиты терригенные породы ускалинской свиты среднеюрского возраста, а на периферии – преимущественно средне-позднеюрские отложения осежинской свиты. Терригенные толщи юрского возраста являются частью крупного Осежинского прогиба. На флангах узла они частично перекрыты эффузивами талданской и галькинской свит ранне- и позднемелового возраста, относящихся к западному флангу Умлекано-Огоджинского вулканического пояса (Мельников, Степанов, 2013).

Месторождение «Буринда» находится в северо-восточной части узла и приурочено к юго-восточному краю локального минимума поля силы тяжести, в зоне пологого градиента поля. Региональное магнитное поле в районе месторождения – от слабо отрицательного до слабо положительного ($-100 - +100$ нТл).

Оруденение локализуется в раннемеловых андезитах, трахиандезитах и туфах талданской свиты (И.П. Вольская и др., 1978). Вулканыты прорваны комагматичными субвулканическими телами андезитов, андезидацитов, трахидацитов и более поздними интрузиями раннемелового буриндинского комплекса второй (кварцевые монцодиориты, кварцевые монциты) и третьей (гранодириды, гранодиорит-порфиры) фаз. Поздние магматические образования представлены дайками четвертой фазы буриндинского комплекса (гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры), а также позднемеловыми дайками галькинского комплекса (риолиты, трахириолиты).

Вулканические породы подвержены слабой площадной пропилитизации, преимущественно альбит-хлорит-карбонатной фации.

Околорудные изменения, развивающиеся вдоль оруденелых зон, представлены во внешних зонах пропиловыми (кварц-карбонат-альбит-серицит-хлоритовыми) парагенезисами, а во внутренних – карбонат-кварц-калишпат-серицитовыми (Гуменюк, 1985). Отмечаются небольшие зоны окварцевания. Измененные породы сопровождаются вкрапленностью пирита. Распространенность метасоматитов неравномерная. Мощные зоны метасоматитов, достигающие первых десятков метров, примыкают к продуктивным частям рудных тел. Вниз по вертикали мощность внутренних зон метасоматитов обычно сокращается до выклинивания. Содержания золота в метасоматитах не превышает первых десятых долей г/т.

Жильная и прожилковая минерализация, с которой непосредственно связано золото-серебряное оруденение, занимает внутренние зоны метасоматитов. Жилы и прожилки по составу кварцевые, карбонат-кварцевые, кварц-карбонатные и карбонатные. По простиранию и падению состав их непостоянен и может изменяться от существенно кварцевого до карбонатного. Жильные образования локализуются в линейных тектонических зонах северо-восточного простирания. Наряду с жилами и прожилками в строении рудных тел принимают участие брекчии метасоматитов на кварцевом цементе, брекчии кварца, сцементированные кварцем других генераций или кальцитом. Всего установлено пять генераций прожилково-жильных образований (Н.Г. Коробушкин, 1985).

Месторождение представлено серией адуляр-карбонатно-кварцевых сложно построенных рудных тел с золотым и серебряным оруденением (рис. 6.5). Стволовая часть рудных тел представлена сложно построенными кварцевыми брекчиями, сопровождающимися по краям зонами прожилкования и кварцевыми метасоматитами, шириной от первых метров до 40 м. Прожилки занимают от 5-10 до 50% объема пород, а мощность их колеблется от 1-5 мм до 10-20 см. Иногда отмечаются кварцевые жилы мощностью 0.5-1.5 м.

На месторождении выделено 9 рудных тел, которые в зависимости от структурного положения разделены на три группы. Первая группа из трех рудных тел локализована в пределах субвулканической интрузии. Доля запасов золота в них незначительна. Вторая группа объединяет четыре рудные тела, расположенные на контакте субвулканической интрузии с покровными вулканитами. Эти тела укладываются в единую Центрально-Буридинскую зону северо-восточного простирания дугообразной формы, заключающую в себе основные запасы золота месторождения. Третья группа включает в себя два мелких рудных тела, которые локализуются в покровных вулканитах.

Общая протяженность Центрально-Буридинской зоны составляет 2200 м. Длина рудных тел – 600 м, 330 м, 230 м и 515 м. Средняя мощность их колеблется от 3,9 м до 7,1 м. На глубину руды оконтурены до 185-200 м. Рудная зона содержит порядка 70% запасов месторождения (Н.Г. Коробушкин, 1985; В.А. Тараненко, 1991).

Морфология рудных тел сложная, с раздувами, пережимами мощности и разветвлениями. Основные запасы золота обычно группируются в верхней части разреза: до глубины 20-50 м на флангах и до 100-120 м – в центральной части рудной зоны. Мощность рудных тел при бортовом содержании 0.9 г/т (среднее Au – 3.9 г/т, Ag – 18.9 г/т) колеблется от 0.4 до 19.2 м, при средней 5.5 м. Мощность зоны окисления не превышает 2-3 м. Максимальные содержания Au по пробам достигают 68.4 г/т, Ag – 319 г/т.

Руды месторождения золото-карбонат-кварцевые, убогосульфидные. Они более чем на 80% состоят из породообразующих минералов, из которых по массе преобладают кварц, полевые шпаты и глинисто-слюдисто-гидрослюдистые минералы. В значимых количествах установлены карбонаты и хлорит. Из рудных минералов отмечены в незначительных количествах пирит, галенит, сфалерит, аргентит, пираргирит, халькопирит, халькозин, борнит, ковеллин, прустит, самородное серебро и блеклые руды. Суммарная массовая доля их составляет менее 1%. Установлено, что продуктивные генерации кварца в золото-серебряных жилах образовались при температурах порядка 210°C (Гуменюк, 1985).

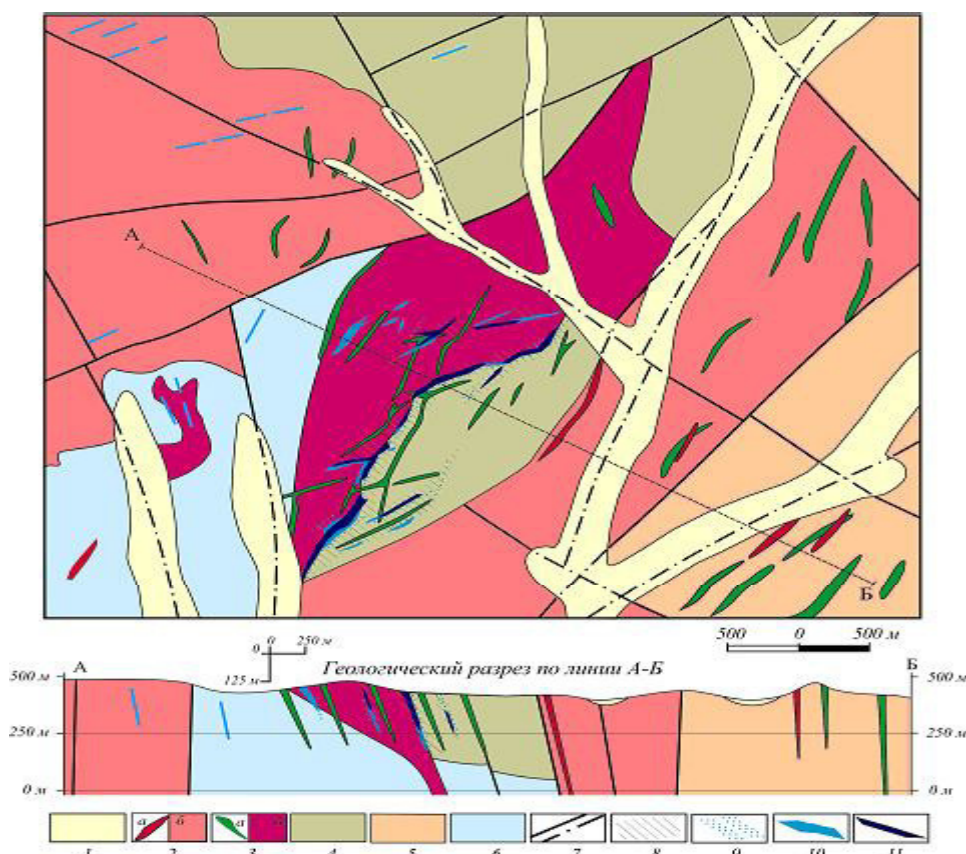


Рис. 6.5. План и разрезы месторождения «Буринда» (В.А. Тараненко, 1991):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – буриндинский монцонит-гранодиоритовый комплекс (K_1): а – дайки гранит-порфиров четвертой фазы, б – крупнопорфировые гранодиориты, монцодиориты, кварцевые монцониты, кварцевые диориты второй и третьей фаз; 3 – талданский субвулканический комплекс (K_1): а – дайки диорит-порфиров, андезитов, андезидацитов, б – субвулканические тела андезитов, андезидацитов, трахидацитов; 4 – талданская свита (K_1): андезибазальты, андезиты, андезидациты, дациты, их туфы; 5 – верхнеамурский комплекс (K_1): кварцевые диориты, гранодиориты; 6 – осежинская свита (J_{2-3}): песчаники, алевролиты; 7 – разломы, в том числе перекрытые аллювием; 8 – ареалы развития кварц-карбонат-альбит-серицит-хлоритовых (внешние зоны) и карбонат-кварц-(калишпат)-серицитовых (внутренние зоны) метасоматитов; 9 – зоны кварцевого, карбонат-кварцевого прожилкования; 10 – кварцевые, карбонат-кварцевые брекчии, кварцевые жилы; 11 – рудные тела на поверхности и разрезе.

Золото-серебряная минерализация обычно приурочена к карбонат-кварцевому цементу брекчий и брекчированных пород, реже – к прожилкам. Наиболее крупные включения драгоценных металлов локализируются в микротрещинах кварца, карбонатов и в трещинах спайности карбонатов. Кроме этого, дисперсные частицы золота и серебра размером 1-7 мкм рассеяны по массе кварца. Отмечаются сростки золота с аргентитом.

Основное количество золота в рудах (порядка 96%) относится к классу менее 0,07 мм. Остальное золото (порядка 4%) имеет размер 0,07-0,25 мм. Цвет его серебристый, светло-желтый, реже – зеленоватый. Форма золотин – дендритовидная, крючковатая, трубчатая, лепешковидная, пластинчатая, реже – комковатая, губчатая. Проба золота колеблется от 597 до 681‰, составляя в среднем 627‰ (Н.Г. Коробушкин, 1985).

Серебро образует собственные минералы: аргентит, прустит и пираргирит, а также самородные выделения. Частицы самородного серебра размером 1-2 мкм и менее развиты в массе кварца. В зернах кальцита самородное серебро с размером частиц до 6-7 мкм приурочено к трещинам спайности. Аргентит размером до 50 мкм присутствует в кварце в виде ксеноморфных образований по трещинам породы. Попутное извлечение серебра составляет порядка 45% (И.Б. Вачаев, 2010).

Основу первичных руд составляют SiO_2 (41-81%), CaO (6,4-24,4%), Al_2O_3 (1,3-9,6%), MgO (0,17-7,3%). Содержание общего железа незначительно – 0,4-1,5%, серы общей – 0,06-1,33%. Характерны низкие содержания Na_2O (менее 1%) и K_2O (0,49-1,5%, редко – до 2,6%). Повышены содержания Sb (0,001-0,008%), а также As (0,003-0,05%). Главным полезным элементом руд является золото. Серебро рассматривается как попутный компонент. Отношение $\text{Au}:\text{Ag}$ составляет 1:3-1:19, в среднем 1:5. Ранжированный ряд элементов руд Au (1950)- Ag (378)- Sb (166)- As (133)- W (3)- Cu (2). Геохимический тип руд Au-Ag-(Sb-As) .

Руды пригодны для заводской переработки по технологии прямого цианирования с извлечением золота от 74 до 91% и серебра на уровне 45% (в зависимости от исходного содержания).

Балансовые запасы составляют 7,5 т золота и 30,2 т серебра, при средних содержаниях соответственно от 2 до 16,8 г/т и от 12,4 до 158,3 г/т на среднюю мощность от 1,1 до 3,8 м. Прогнозные ресурсы по категории P_1 по рудным телам № 9, № 6 и Центральному составляют: золота – 6,2 т, серебра – 38,3 т (В.А. Тараненко, 1991).

Месторождение «Желтунак» расположено в Улунгинском рудно-россыпном узле Гонжинского рудного района Северо-Бурейнской металлогенической зоны (Мельников, Степанов, 2013), в верховьях р. Желтунак, левого притока р. Тыгда. Высокие содержания золота (от 1 до 12,8 г/т) были выявлены в 1973 г. О.И. Тухасом в штучных пробах из делювиальных развалов кварца на левобережье верхнего течения руч. Желтунак. В 1970–1980-х гг. на площади рудопроявления проводились поисковые и геологосъемочные работы Зейской ГСЭ ДВГУ. При этом на восточном фланге рудопроявления выявлены при опробовании канав разрозненные участки с содержанием золота до 3 г/т и высокими содержаниями серебра (до 213 г/т).

Детальные поисковые и оценочные работы на рудопроявлении проведены компанией «Петропавловск» в период с 2006 г. по 2010 г., в результате чего выявлено несколько рудных тел. В 2011–2012 гг. они были разведаны с утверждением балансовых запасов (Гордеев, 2013).

Описание месторождения дается по: Гордеев, 2013. Месторождение расположено среди интенсивно катаклазированных, каолинизированных и окварцованных (до вторичных кварцитов) вулканитов талданской и керакской свит раннего мела, прорванных субвулканическими интрузиями того же возраста (рис. 6.6).

В пределах месторождения выделено два участка, разделенных долиной руч. Желтунак и различающихся по геолого-структурным особенностям, морфологии рудных тел и качеству руд. На восточном фланге (левобережье ручья) оруденение контролируется крутопадающей зоной разломов сдвиговой (сколовой) природы, а на западном фланге – пологой чешуйчато-надвиговой структурой среди нижнемеловых вулканитов. Оруденение восточного фланга месторождения «Желтунак» заключено в линейной минерализованной рудной зоне «Сухая» протяженностью около 3000 м. Она вытянута в восток-северо-восточном направлении. Залегание рудной зоны крутое ($60-80^\circ$), с падением в северных румбах. Она включает систему прямолинейных кварцевых жил протяженностью до 300-400 м, сочленяющихся под углом 60° . Жилы окаймлены зоной прожилково-сетчатого и метасоматического окварцевания с убогой, неравномерной гнездово-вкрапленной пиритизацией на фоне обеленных аргиллизированных вулканитов.

Золото присутствует как в кварцевых жилах, так и в обрамляющих их кварцевых прожилках. Содержания золота колеблются в пределах 0,6-6 г/т на мощность 3-8 м, серебра - 8-485 г/т. При достаточно больших мощностях (до 50-100 м) выделенных зон кварцевых метасоматитов и прожилкового окварцевания рудные тела имеют сложную морфологию. Они выделяются только по результатам опробования, имеют линзовидную и лентообразную форму с раздувами и пережимами как по простиранию, так и по падению.

Оруденение западного фланга месторождения «Желтунак» (рудная зона «Западная») приурочено к пологой чешуйчато-надвиговой структуре северо-восточного простирания, погружающейся в южных румбах под углом $5-40^\circ$.

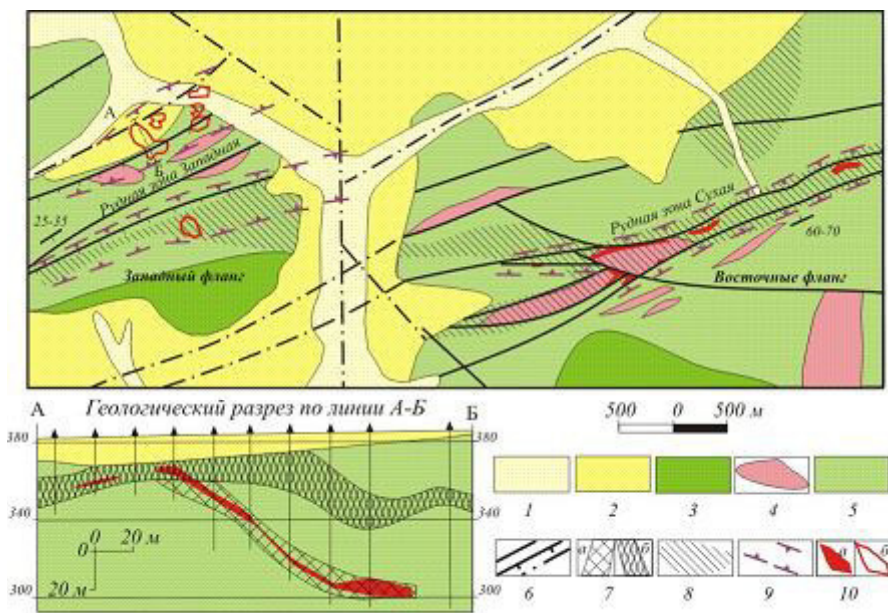


Рис. 6.6. Схематичная геологическая карта золоторудного месторождения «Желтунак» (Гордеев, 2013):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые отложения сазанковской свиты (пески, глины, алевроиты); 3 – галькинская свита (K_2): трахидациты, дациты, риодациты, их туфы; 4 – талданский комплекс (K_1): дациты, дацит-порфиры; 5 – талданская свита (K_1): андезиты, дациты, их туфы, лавокластиты; 6 – разломы, в том числе надвиги и перекрытые аллювием; 7 – тектониты на разрезе: а – зоны трещиноватости, б – брекчирования; 8 – ареалы кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов; 9 – рудные зоны; 10 – рудные тела: а – выходы рудных тел на поверхность, б – проекции рудных тел на горизонтальную плоскость.

Выход оруденения на поверхность, как правило, перекрыт чехлом рыхлых неоген-четвертичных отложений мощностью до 10–20 м, что существенно осложняло поиски.

Под чехлом рыхлых отложений поисково-картировочным бурением были первоначально выявлены комплексные первичные ореолы золота, мышьяка, серебра и сурьмы. При заверке ореолов колонковым бурением вскрыты сближенные мощные (до 10-30 м) пологозалегающие рудные тела с промышленными параметрами. Промышленное оруденение прослеживается в пределах тектонической пластины в поперечном северо-западном направлении. За пределы тектонических швов, ограничивающих эти пластины, оруденение не проникает. На контакте с ними оно «срезается» нарушением, в котором образован шлейф из оруденелых обломков. Количество рудных обломков в тектонической глине составляет 1-20%.

Рудное тело «Западное» содержит около 50% балансовых запасов золота месторождения. Остальные запасы размещены в двух аналогичных рудных телах на правобережье и в рудной зоне «Сухая». Рудное тело «Западное» зажато между двумя субпараллельными сближенными (через 200 м) пологими (5–40°) разломами близширотной, северо-восточной ориентировки. Рудное тело простирается в северо-западном направлении на 250 м, при протяженности по падению (на юго-запад под углом 25–40°) на 270 м. Мощность рудного тела колеблется от 1.2 до 10.4 м, содержание золота – 1.2–104 г/т.

Рудное тело «Западное» сложено аргиллизированными и сульфидизированными андезитами с прожилково-сетчатым окварцеванием (5–50%) и приурочено к зоне трещиноватости и брекчирования в андезитах. На глубине зона трещиноватости и брекчирования выполаживается, а оруденение выклинивается с заметным уменьшением интенсивности прожилково-кварцевой минерализации. Золото – от тонкодисперсного

до мелкого, комковатой и неправильной пластинчатой формы. Проба его меняется в широких пределах (735-935‰).

Верхняя часть рудного тела (в пределах глубин до 30 м) сложена брекчиевидными образованиями. В них тектоническим глинистым материалом сцементированы обломки окисленных, брекчированных и катаклазированных вулканитов и рудного кварца. Продуктивность оруденения прямо коррелирует с содержанием обломков рудного кварца.

Такая морфология рудного тела и вещественный состав руд позволяют предположить, что на завершающих этапах рудообразования или сразу после него происходили значительные тектонические горизонтальные перемещения по надвигам. В результате оруденение было «растасчено» по чешуйчатому разлому на север и северо-запад на 40–60 м от места срезания тела плоскостью надвига.

Характерной особенностью золотой минерализации является его гнездовое распределение, наличие «ураганных» содержаний золота в пробах при небольшой средней мощности рудного тела. Несмотря на разную степень окисленности руд, изучение технологических свойств показало хорошее (89–92%) извлечение золота в условиях Покровской ЗИФ по схеме прямого цианирования.

Даже слабо проявленное, маломощное прожилковое окварцевание и крайне редкие линзовидные раздувы кварцевых брекчий на западном фланге месторождения несут в себе золотую промышленную минерализацию. В отличие от него оруденение на восточном фланге месторождения, представленное интенсивным гидротермально-метасоматическим окварцеванием пород, прошедшим в несколько стадий, не всегда сопровождается золотой и серебряной минерализацией.

В заключение отметим, что эпитермальное золото-серебряное месторождение «Желтунак» сложено легкообогатимыми золото-кварцевыми рудами. По сложности морфологии, размерам, изменчивости мощностей и содержаний золота рудные тела месторождения соответствуют четвертой группе по классификации ГКЗ РФ. Запасы золота составляют 10 т, ресурсы по категории P_2 – 32 т, P_3 – 26 т (Л.В. Савенко, 2011).

Месторождение «*Базовое*» расположено в 9 км восточнее Покровского месторождения, в месте слияния р. Улагач с руч. Ушуриха. При проведении геологосъемочных работ масштаба 1:50000 здесь были обнаружены свалы кварца с содержанием золота до 10 г/т (Ю.В. Кошков и др., 1978). Далее на участке были поставлены геохимические, геофизические и поисковые работы. В 1996–2003 гг. в результате поисковых и оценочных работ были подсчитаны запасы и прогнозные ресурсы золота и серебра (Н.Г. Власов, Ю.П. Козлов, 2003). Месторождение приурочено к юго-восточной окраине Агорта-Улагачинского грабена, выполненного вулканитами раннего мела. Юго-восточный борт грабена слагают песчаники и алевролиты верхнеаякской подсвиты, прорванные дайками позднюрско-раннемеловых гранит-порфиров и раннемеловых дацитов. Дайки образуют две полосы северо-западного простирания. Мощность отдельных даек 20–220 м, протяженность – до 1,5 км, падение к северо-востоку – под углами 20°–70°.

На спектрзональных космических снимках четко выделяется кольцевая структура внешним диаметром 700–900 м. К ней приурочена выявленная золотая минерализация. Аналогичная овально-кольцевая структура (ОКС) выделяется в 1.5–2 км севернее, ей отвечает субвулканический некк среди покровных вулканитов.

В северной половине площади месторождения картируются лавы андезитов. Они выполняют краевую часть некка и образуют изометричной формы лавовый поток мощностью более 150 м и размером в плане 300х600 м. Северная часть его срезана субширотным разломом, а с юга обрамлением лавового потока служат мелкообломочные и пепловые туфы андезитового состава, сменяемые в плане и на глубину крупнообломочными туфами и туфобрекчиями. Ширина кольцеобразной полосы мелкообломочных туфов составляет 200–250 м, залегание субгоризонтальное, с небольшим (5–15°) погружением на север, к жерлу палеовулкана.

На месторождении установлены пологие (30°) нарушения субширотной ориентировки. Два из них ограничивают палеовулканическую постройку, а третье пересекает краевую часть некка.

Вмещающие оруденение породы подвергнуты пропилитизации, окварцеванию и аргиллизации. Пропилитизация развита по вулканитам и выражена в неравномерной, тонкой пиритизации (1-3%), наложении карбонатных и хлоритовых прожилков (1-3%). Благодаря этому порода приобретает зеленовато-серый, зеленоватый оттенок. Крупные обломки лавы (более 10 см) в туфах и туфобрекчиях менее подвержены этому процессу.

Слабое (<5%) прожилково-сетчатое окварцевание наблюдается эпизодически. Прожилки имеют мощность, в основном, 1-3 мм и редко достигают 5-10 см. Кварц светлый скрытозернистый, но встречается белый и серый мелкозернистый.

Аргиллизация наиболее отчетливо проявлена в интервале 5-10 м верхней части разреза вулканитов и вблизи тектонических нарушений. Возможно, она обусловлена процессом выветривания. С этим же процессом, видимо, связано образование тонких (1-5 мм), редких (<1%) прожилков светлого кварца и гидроокислов железа (3-5%), установленных на глубинах 10-20 м.

Золотое оруденение обусловлено пропилитизацией вулканитов и наложением на них гипергенных процессов корообразования. В результате этого сформировалось плащеобразное рудное тело изометричной формы (650x800 м) монтмориллонит-каолинит-кварцевого состава (рис. 6.7).



Рис. 6.7. Верхняя часть рудного тела месторождения «Базовое».

Мощность рудного тела варьирует от 3 м до 65.5 м, в среднем – 19.4 м. Содержание золота колеблется от 0.5 г/т (бортовое содержание) до 10.2 г/т, при среднем 0.9 г/т. Среднее содержание серебра составляет 2.7 г/т. Наблюдается тенденция уменьшения содержания золота с глубиной. Золотая минерализация на участке сопровождается широкими, на глубину до 65 м контрастными первичными ореолами мышьяка (0,01-0,2%), ртути (0.03-33.4 г/т) и узкими слабоконтрастными ореолами сурьмы (0.002-0.005%).

Химический состав руды следующий (%): SiO_2 – 60.8; Al_2O_3 – 16.2; Fe_2O_3 – 3.54; FeO – 2.03; CaO – 3.08; MgO – 2.22; Na_2O – 1.85; K_2O – 2.94; TiO_2 – 0.69; P_2O_5 – 0.65; CO_2 – 0.62; MnO – 0.13; $S_{\text{общ}}$ – 0.34. Содержания меди, цинка, свинца не превышают 0,005-0,008%, мышьяка и сурьмы, в основном, 0.02%.

Новообразованные минералы представлены монтмориллонитом (25%), каолинитом (15%), кварцем (9%), гидроксидами железа и марганца (3%), сульфидами – пиритом,

сфалеритом, арсенопиритом (менее 1%), хлоритом (0.8%) и золотом (знаки). Остальная часть руды приходится на первичные магматические минералы.

Золото тонкое, размером от 1 до 10 мкм, низкопробное (650-750‰). Золото, ассоциирующее с гидроокислами железа, имеет более высокую пробу. У более крупного золота уплощенные формы, а у тонкого – дендритовые и сотовые. В результате окисления арсенопирит почти полностью разложен, от пирита остались только следы. По пириту первоначально развивался гетит, который затем псевдоморфно замещался гематитом.

По данным фазового анализа, 31% золота находится в свободной форме и 60.3% – в сростках, что позволяет извлекать гравитацией 12.54%, а цианированием 91.3% металла. Поэтому рекомендована гравитационно-цианистая технология обогащения руд.

По качеству руды высокотехнологичные, бедные. Запасы руды категории C_2 составляют 10639 тыс. т, золота – 9 575 кг. Прогнозные ресурсы категории P_1 оценены в 9 218.9 тыс. т руды и 8 296.9 кг золота. Общие прогнозные ресурсы серебра по категории P_1 при среднем содержании 1.9 г/т составили 37.7 т.

Месторождение «*Иличи Унахинские*» расположено в Иличи-Унахинском рудно-россыпном узле Джелтулакской металлогенической зоны в междуречье ручьев Иличи-Рогачки, правых притоков р. Унаха. Геолого-разведочные работы на месторождении проводились неоднократно в 1973-1975 (Безкоровайный и др., 1976), 1977-1979 (Ефремов и др., 1979), 2007-2011 (Васильев и др., 2013) годах.

Месторождение расположено в пределах Иличинской вулкано-тектонической структуры грабен-синклинального типа, сложенной вулканическими образованиями раннего мела. Данная структура приурочена к Унахинской зоне разломов, разграничивающей архейские метаморфические комплексы раннего алдания (дамбукинская серия) и становия (иликанская серия) на площади Алдано-Станового геоблока.

Золотое оруденение приурочено к опущенному тектоническому блоку северо-западной ориентировки, сложенному вулканогенными образованиями (рис. 6.8). Нижняя часть разреза представлена андезитами, андезидацитами, а верхняя – туфами и лавами риодацитов. Общая мощность вулканитов около 300 м. Они прорваны субвулканическими телами дацитов.

Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород представлены пропилитизацией, окварцеванием, березитизацией, аргиллизацией, прожилковой и жильной кварцевой минерализацией. Пропилитизация наиболее интенсивно проявлена по андезитам, андезидацитам, туфам и лавам риодацитов. Она выражена в появлении эпидота и хлорита, иногда пирита в основной массе пород. Окварцевание и березитизация развиваются по всем разностям пород, но наиболее интенсивно – в восточной части площади месторождения по андезидацитам, риодацитам и андезитам.

Эти типы изменений сопровождаются кварцевыми прожилками и сульфидной минерализацией. В березитизированных и окварцованных породах аномально высокие содержания золота, серебра, сурьмы, свинца и ртути. Аргиллизация развивается локально по туфам и лавам. Породы кварц-гидрослюдистого или кварц-гидрослюдисто-каолинитового состава приобретают светло-серую и белую окраску, иногда содержат вкрапленность сульфидов. В них наблюдаются повышенные содержания Ag, Sb, Hg, Pb, Au. Прожилковая и жильная минерализация представлена кварцевыми и карбонатными прожилками. Развалы молочно-белого, кавернозного жильного кварца встречаются редко.

Золотая минерализация приурочена к дугообразной зоне сближенных разломов, представленных зонками (мощностью 1-5 м) катаклазитов. Порода интенсивно пиритизирована, карбонатизирована, лимонитизирована, с редким прожилковым окварцеванием и единичными карбонатными жилами мощностью до 0.4 м. Протяженность зоны составляет 1300 м, ширина – 80-250 м. Простираение северо-западное. Наиболее интенсивное оруденение сосредоточено в узлах пересечения указанной зоны с разломами северо-восточного заложения либо тяготеет к центральной части зоны.

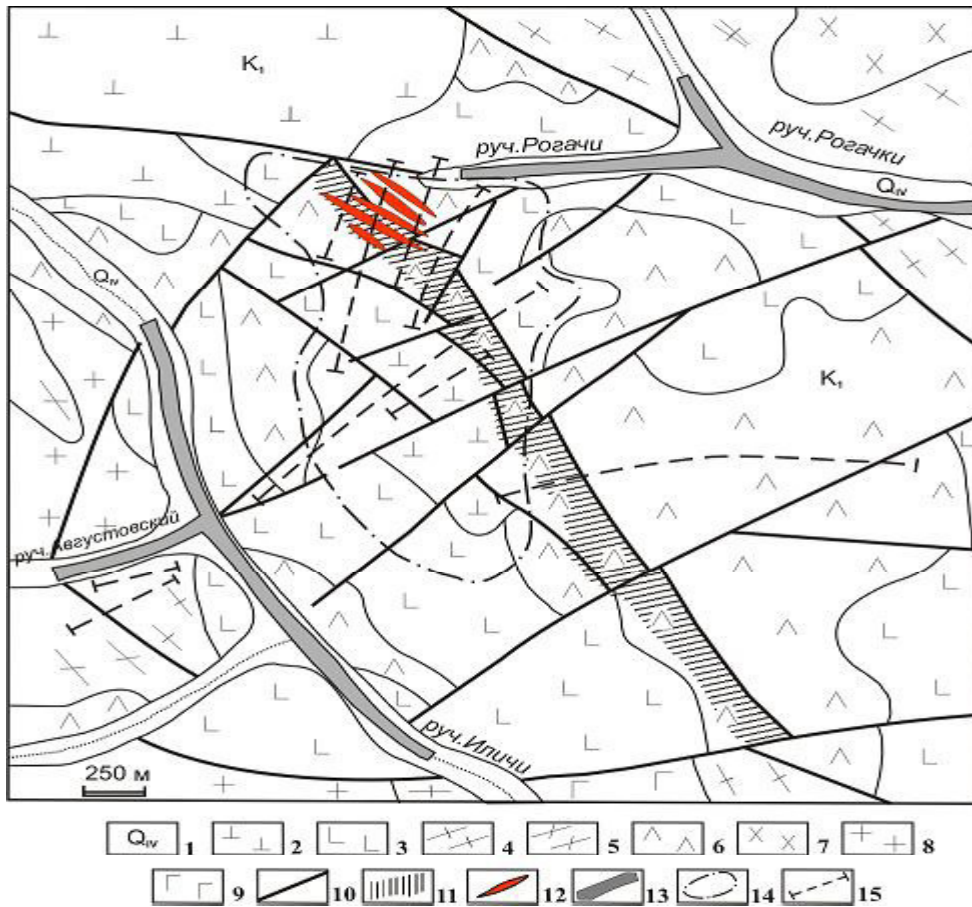


Рис. 6.8. Золото-серебряное месторождение «Ильичи Унахинские»
(А.А. Васильев и др., 2013):

1 – современные отложения пойм и русел; 2 – туфолавы риодацитов нижнего мела; 3 – лавы андезидацитов и их туфы нижнего мела; 4 – камрайская свита: гнейсы, кристаллосланцы, амфиболиты, прослои и линзы железистых и слюдяных кварцитов; 5 – джигдалинская свита: кристаллосланцы и гнейсы роговообманковые, биотит-роговообманковые; 6 – субвулканические интрузии андезидацитов и дацитов боннакского комплекса нижнего мела; 7 – гранодиориты тындинско-бакаранского комплекса средней-верхней юры; 8 – граниты биотитовые и лейкократовые древнестанового комплекса нижнего архея; 9 – габбро, габбро-амфиболиты хорогочинского комплекса; 10 – разломы; 11 – зона катаклаза и метасоматоза; 12 – золотоносные зоны; 13 – россыпи золота; 14 – комплексный литохимический и шлиховой ореол Au и Ag; 15 – линии горных выработок.

Внутри зоны выявлено 9 интервалов мощностью 1-5 м, с содержанием золота 1-10 г/т (среднее – 3.2 г/т), серебра до 100 г/т (среднее – 10.2 г/т). Околорудные изменения выражены пропилитизацией пород. По зоне катаклаза развита линейная кора выветривания с образованием аргиллизитоподобных глин.

Золотое оруденение является убогосульфидным. Из рудных минералов отмечаются пирит, галенит, бисмутит, халькопирит, самородные золото и серебро. Самородное золото представлено, главным образом, интерстициальными формами: губчатыми, губчато-друзовидными, комковидными, реже – жилковидно-пластинчатыми, проволочковидными, чешуйчатыми. Встречаются октаэдрические и додекаэдрические кристаллы. Размер золотинок колеблется от пылевидного 0.05-0.1 мм (75%) до мелкого 0.3 мм. Золото заключено в кварце и пирите или образует сростки с этими минералами. По данным атомно-абсорбционного анализа, проба золота равна 610-750‰ (среднее по 37 анализам – 675‰). По данным полуколичественного спектрального анализа, золото содержит следующие элементы-примеси (вес. %): Fe (0.011), Mn (0.0001), Cu (0.0013), Hg (0.01), Mg (0.05), Al (0.005), Ti (0.01), Zr (0.05), Si (0.1), As (0.03).

На 01.01.2016 г. утверждены запасы золота категории C_2 – 4655 кг (среднее содержание – 3.2 г/т), серебро – 13980 кг (среднее содержание – 10.2 г/т), утверждены протоколом НТС в 2013 г., на баланс поставлены в 2016 г.

Месторождение «*Прогнозное*» обнаружено при поисках месторождений урана масштаба 1:50000 (В.О. Евтушенко и др., 1972). Позднее на объекте были проведены детальные поисковые работы с проходкой канав и небольшим объемом колонкового бурения (А.Е. Пересторонин и др., 1994).

Месторождение расположено близ западной границы Туранского блока Сюннэнь-Туранского композитного массива и входит в состав Симичинского золоторудного узла Туранской металлогенической зоны субмеридионального простириания (Мельников, Степанов, 2013). Месторождение приурочено к северной части Кудринской вулканической депрессии Нижне-Зейской вулканогенной зоны субмеридионального простириания. Зона сложена вулканическими породами среднего до кислого составов. Район месторождения попадает в зону влияния глубинного субмеридионального Туранского разлома, на участке пересечения его субширотной зоной Бурейского разлома. В гравитационном поле месторождение локализуется в восточной части крупного меридионально ориентированного максимума. В магнитном поле месторождение расположено в зоне небольшого градиента (около 250 нТл/км), вытянутого на расстояние около 12 км в субмеридиональном направлении.

Площадь месторождения сложена нижнемеловыми вулканитами поярковской (андезиты, андезибазальты, базальты, их туфы, туфо- и лавобрекчии) и иркутской (риолиты, трахириолиты, их туфы) свит, прорванными экструзиями трахириолитов и риолитов иркутского комплекса (рис. 6.9). Мощность вулканитов изменяется от 55 до 130 м. Экструзии образуют силлы и штоки размером на поверхности от 160x400 до 600x700 м. Северо-западная и восточная части площади месторождения сложены гранодиоритами тырмо-буреинского гранитоидного комплекса карбона и гранодиоритами сиенит-лейкогранитового харинского комплекса поздней юры. Наиболее поздние магматические образования представлены лейкогранитами позднемелового возраста, образующими небольшие штокообразные тела

На месторождении развиты преимущественно меридиональные разрывные нарушения системы Туранского разлома. Отмечены и мелкие разломы северо-восточного и северо-западного направлений. Меридиональные сбросо-сдвиги представлены круто-наклонными сближенными зонами дробления и брекчирования. Они являются рудомещающими, но иногда смещают рудные тела с небольшой амплитудой (10-20 м).

Вулканиты подвержены площадной пропилитизации (по породам среднего состава) и аргиллизации (по кислым породам). К околорудным изменениям относятся: хлоритизация, карбонат-кварц-серицит-гидрослюдистый, кварц-адуляровый метасоматоз и окварцевание. Внешние зоны метасоматической колонки представлены чаще всего хлоритизацией, а внутренние – кварц-карбонат-серицит-гидрослюдистыми метасоматитами, реже метасоматическим окварцеванием, иногда адуляризацией. Метасоматиты содержат вкрапленность пирита (1-5%), часто рассеяны кварцевыми, карбонат-кварцевыми прожилками и кварцевыми жилами.

Золото-серебряное оруденение локализуется в пределах меридиональной полосы протяженностью около 4 км, при ширине 0.5-1.5 км. Рудные тела локализованы в экструзиях трахириолитов, покровах трахириолитов, дацитов, их туфах, реже – в гранитоидах фундамента. На рудопроявлении установлено три структурно-морфологических типа рудных тел: кварцевые жилы, брекчии и зоны прожилкового окварцевания.

Кварцевые жилы – наиболее изученный тип рудных тел. С поверхности вскрыты и опробованы 174 жилы, иногда переходящие в кварцевые брекчии. Жилы группируются в 6 рудных зон («пучков»). Ширина этих зон составляет 80-200 м, а расстояние между ними – 180-240 м. В каждой зоне выделяется 1-4 главных «стволовых» жилы и серия сопряженных с ними апофиз.

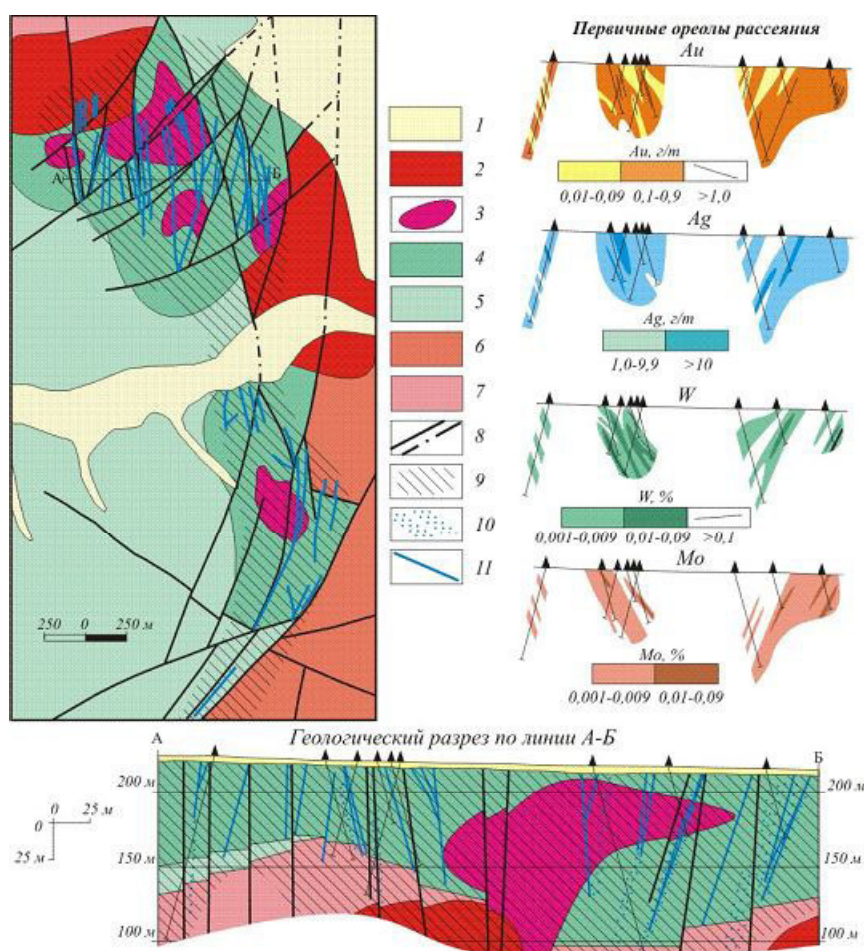


Рис. 6.9. Схематическая геологическая карта месторождения «Прогнозное» (Н.Г. Власов, 1978; А.Е. Пересторонин, 1994, с изменениями):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – лейкограниты (K_2); 3 – экзрузии трахириолитов и риолитов иркутского комплекса (K_1); 4 – иркутская свита (K_2): риолиты, трахириолиты, дациты, их туфы; 5 – поярковская свита (K_1): андезиты, андезибазальты, базальты, их туфы, туфо- и лавобрекчии; 6 – гранодиориты харинского комплекса (J_3); 7 – гранодиориты тырмо-бурейского гранитоидного комплекса ($C_{2,3}$); 8 – разрывные нарушения, в том числе перекрытые рыхлыми отложениями; 9 – ареалы развития карбонат-кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов; 10 – зоны интенсивного прожилкового окварцевания; 11 – золотоносные кварцевые жилы и брекчии (внемасштабные).

Кварцевые жилы характеризуются сложной морфологией, резко изменчивой мощностью (0,1-9 м), наличием раздувов, пережимов, флексурных изгибов и многочисленных апофиз. Протяженность жил колеблется от 40 до 120 м, при преимущественно субмеридиональном простирании и крутых углах падения (70° - 80°) как на запад, так и на восток. На глубину жилы прослежены до 130 м, при этом выклинивания не установлено. В кварцевых жилах выделяются участки с массивной, полосчатой, крустификационной, кокардовой, колломорфной и брекчиевой текстурами. В целом преобладают полосчатые (крустификационно-полосчатые) текстуры, обусловленные чередованием тонких полос опаловидного, халцедоновидного, мелко- и крупнозернистого кварца. Контакты жил отчетливые, нередко сопровождаемые зонами прожилково-сетчатого окварцевания и метасоматическими брекчиями. Часто жилы сопровождаются маломощными (до 0,8 м) ореолами адуляр-кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов. Содержание Au

в кварцевых жилах – от «следов» до 136.9 г/т, Ag – первые г/т – 605 г/т. В среднем, соответственно, 6.1 г/т и 26.8 г/т, при средней мощности жил 1.2 м. Золото-серебряное отношение в рудах варьирует от 1:1.5 до 1:200, в среднем – 1:5.

Брекчиевые руды, состоящие из обломков вмещающих пород с прожилками кварца и небольшой примесью сульфидов, встречаются достаточно часто. Содержания Au в них бедные, в пределах 0.12-3.5 г/т, Ag – 0.12-12.0 г/т.

Зоны прожилкового окварцевания изучены слабо. Они имеют линейно-вытянутую форму и мощность 0.5-30 м. Редкими скважинами они прослежены на глубину до 100 м. Часто сопровождают кварцевые жилы, но могут развиваться отдельно. Содержания Au обычно на уровне от 0.п до 1-2.5 г/т, Ag – 0.п и п г/т. На глубине в зонах прожилкования отмечены содержания золота до 4.9 г/т, серебра – до 23 г/т. С глубиной увеличиваются количество прожилковых зон и содержание в них сульфидов.

Отмечается повсеместная зараженность золотом гранитоидного фундамента (0.0п-0.п г/т), часто подверженного гидротермально-метасоматическим изменениям и сульфидизации. Распространенность сульфидов в гранитоидах более интенсивна, нежели в вулканитах. В отдельных интервалах кварцевых брекчий по гранитам содержания пирита достигают 15-20%, при содержаниях Au – 0.п г/т.

Зона окисления неоднородная. В некоторых случаях сульфиды не окислены на поверхности и в то же время на глубинах 50 м встречаются участки полного их окисления.

Основной породообразующий минерал руд – кварц; кроме него, встречаются халцедон, карбонаты, адуляр, слюды, а также барит, опал, флюорит, андалузит, амфибол, эпидот, корунд. Сульфиды образуют вкрапленность, реже – гнездообразные скопления. Размер зерен преимущественно мелкий – сотые-десятые доли миллиметра, редко – 1-2 мм. Содержание сульфидов в кварцевых жилах и брекчиях составляет 0.п-2%, в зонах прожилкового окварцевания – в среднем 2-5%. Главный рудный минерал – пирит, редко отмечаются арсенопирит, галенит, молибденит, марказит; крайне редко – золото, серебро, электрум, акантит, сфалерит, халькопирит, ильменит, шеелит, магнетит.

Полезные минералы руд – самородные золото и серебро, электрум, акантит. По результатам рационального анализа одной пробы массой 12 кг, доля свободного золота и серебра в рудах составила соответственно 55.1% и 57%. Значительная часть золота и серебра рассеяна в кварце и сульфидах. Порядка 40% золота и 54% серебра концентрируется в классе <0.074 мм, что свидетельствует о преимущественно мелких и тонких выделениях золото-серебряных минералов.

В протоколках руд отмечается золото размером сотые – десятые доли миллиметра. Форма золотин – крючковатая, угловатая, пластинчатая, комковатая, дендритовидная. По окраске выделяются две разновидности золота – ярко-желтое и с красноватым оттенком. Определения пробы свидетельствуют о наличии минимум трех разновидностей золота – с пробами 903, 775‰ и электрума.

Для месторождения характерны первичные ореолы рассеяния Au, Ag, W, Mo, Cu, Pb, Zn. Наиболее интенсивные и обширные ореолы, наряду с Au, образуют Ag, W и Mo. Ореолы Cu, Pb и Zn слабоинтенсивные, тяготеющие к нижним частям разреза.

Для выборки 27 рудных проб с содержанием Au более 1 г/т установлены следующие среднеарифметические содержания элементов (спектральный анализ, ЦАЛ Таежной геологической экспедиции): Au – 2.3 г/т; Ag – 9.6 г/т; Mo – 0.0063%; W – 0.0028%; Cu – 0.0071%; Pb – 0.007%; Zn – 0.0063%; As – 0.0066%; Sn – 0.00014%. Таким образом, кроме Au и Ag, в рудах месторождения «Прогнозное» заметно повышены содержания Mo и W. В скважинах встречены интервалы, где содержания этих элементов достигают 0.0п%, а W в отдельных случаях – до 0.п%.

По результатам корреляционного и факторного анализа рудных проб для золото-серебряного оруденения предварительно определены две основные комплексные геохимические ассоциации: Cu-W-Mo-Ag-Sn и Zn-Pb-Au. Au и Ag попадают в разные ассоциации и не имеют корреляционной связи. У золота слабая корреляционная зависимость лишь со свинцом. Ранжированный ряд элементов в кларках концентраций

имеет следующий вид: Au(1885)-Ag(96)-Mo(26)-As(21)-W(12)-Cu(2)-Pb(1.6). Геохимический тип руд Au-Ag-(Mo-As-W).

Геохимические характеристики руд объясняются совмещением в пространстве минимум трех типов минерализации. Первый тип – наиболее ранний и высокотемпературный – золото-кварц-сульфидный (прожилково-вкрапленное оруденение). Второй – более поздний – вулканогенный убогосульфидный золото-кварцевый (жильные и брекчиевые рудные тела). Третий – наиболее поздний, связанный с позднемеловыми лейкогранитами, – редкометалльный молибден-вольфрамовый. Совмещение разных типов минерализации является особенностью месторождения «Прогнозное», отличающей его от других золото-серебряных месторождений Приамурья.

По технологическим исследованиям пробы руды массой 12 кг предварительно установлено, что переработка руд может производиться по технологии прямого цианирования. Гравитация и флотация показали низкую эффективность извлечения благородных металлов.

Запасы золота месторождения по категории C₂ составляют 13 т, со средним содержанием 6.1 г/т, серебра – 50 т, при содержании 24.4 г/т. Ресурсы категории P₁ для золота определены в 20 т, серебра – 72 т.

* * *

Рассмотренные месторождения вулканогенной золото-серебряной формации Приамурской провинции связаны с формированием раннемеловых вулканоплутонических ассоциаций Умлекано-Огоджинского и Северо-Станового вулканических поясов субширотного простирания, а также Нижне-Зейской вулканогенной зоны субмеридионального плана. Парагенетическая связь оруденения с вулканитами, а также колломорфно-полосчатые, каркасно-пластинчатые адуляр-кварцевые руды с тонким низкопробным золотом указывают на вулканогенный близповерхностный генезис золото-серебряных месторождений.

Глава 7. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМАЦИИ

К золото-полиметаллической формации относятся месторождения с комплексными рудами, в которых, наряду с золотом и серебром, содержатся промышленные концентрации полиметаллов, главным образом, свинца и цинка. Представителем формации в Приамурской провинции являются среднее по запасам золота Березитовое и мелкое Чагоянское месторождения. Условно к этому типу отнесено и мелкое золото-серебро-полиметаллическое месторождение «Моготинское».

Месторождение «*Березитовое*» расположено в одноименном рудно-россыпном узле Янканской металлогенической зоны, в бассейне нижнего течения р. Хайкта, крупного правого притока р. Большой Ольдой (Степанов, Мельников, Вах и др., 2008; Мельников, Степанов, 2014). Оно находится в 50 км севернее ближайшего населенного пункта – ст. Уруша Транссибирской железнодорожной магистрали.

В 1932 г. Ольдойским приисковым управлением в верховьях руч. Константиновского была выявлена крупная зона метасоматических пород с золотоносной свинцово-цинковой минерализацией, которая первоначально получило название Константиновское месторождение, а позже было переименовано в Березитовое. С 1934 г. по 1936 г. на месторождении проводились разведочные работы Дальневосточным геологическим трестом. В 1936-1937 гг. трестом «Верхамурзолото» была организована пробная эксплуатация руд месторождения, прекращенная из-за низкого извлечения золота из сульфидных руд (Ю.Н. Малаховский, 1938).

В 1960-1962 гг. на месторождении Амурской комплексной экспедицией Дальневосточного геологического управления были проведены поисково-оценочные работы масштаба 1:10000 (Н.И. Шамбуров, 1963). С 1974 г. по 1980 г. при производстве разведочных работ Березитовой партией Амурской геологоразведочной экспедиции ПГО «Дальгеология» были оценены запасы месторождения: золота – 42.3 т, серебра – 192.2 т, цинка – 131 тыс. т, свинца – 80 тыс. т (А.К. Иванищенко, 1982). В 2003-2005 гг. геологической службой ООО «Березитовый рудник» были проведены детальные оценочные работы в пределах центральной части Березитового рудного поля.

С 2007 г. общество с ограниченной ответственностью «Березитовый рудник» приступило к промышленной разработке месторождения открытым способом. В последние годы месторождение разрабатывается международной золотодобывающей компанией Nordgold. Объем добычи золота на месторождении составил: 2012 г. – 3.62 т, 2013 г. – 3.74 т, 2014 – 3.82 т. За весь период эксплуатации из недр месторождения добыто более 20 т золота.

Первое петрографическое описание рудовмещающих метасоматитов и руд Березитового месторождения было выполнено в 1935 г. сотрудником Дальневосточного филиала Академии наук СССР С.И. Набоко. В последующие годы наиболее полно вопросы изучения структуры месторождения, состава пород и руд, условий его образования и генезиса занимались специалисты ДВИМСа (В.А. Гуменюк, В.А. Буряк), а также сотрудники ДВГИ ДВНЦ АН СССР (Б.Л. Залищак, А.С. Вах).

Березитовое рудное поле находится в северо-западном секторном блоке одноименного рудно-россыпного узла. Оно представляет собой приподнятый блок древних метаморфических и магматических пород, ограниченных с севера и юга Северо-Сергачинским и Южно-Сергачинским, с запада Хайктинским и с востока Больше-Иличинским разломами (рис. 7.1). Золоторудная минерализация контролируется внутриблоковыми разломами северо-восточной ориентировки, залеченными серией даек мезозойского возраста. По мнению ряда исследователей (Васильев, Старк, Степанов, 1976), золотое оруденение связано с раннемеловым порфировым комплексом малых интрузий и даек.

Основная часть рудного поля сложена палеозойскими гранитоидами Хайктинско-Орогжанского массива позднестанового комплекса, которые окаймлены с востока, севера и запада Хайктинской интрузией раннемелового возраста.

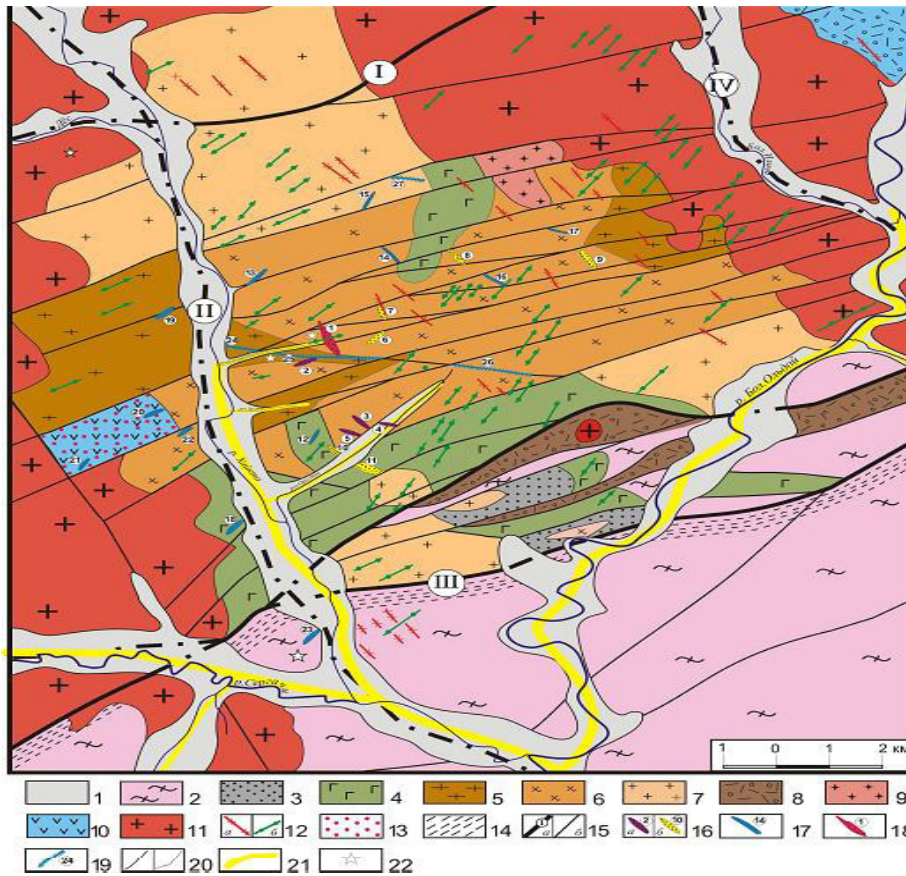


Рис. 7.1. Схема геологического строения Березитового рудного поля:

1 – четвертичные аллювиальные отложения; 2 – могочинская серия нижнего архея: роговообманковые и биотит-роговообманковые кристаллосланцы и гнейсы; 3 – метаконгломераты, метапесчаники, метааалевролиты нижнего протерозоя; 4 – кенгуракский комплекс нижнего протерозоя: габбро-амфиболиты, габбро, габбро-анортозиты; 5–8 – позднестановой комплекс позднепалеозойского возраста: 5 – гнейсовидные биотит-роговообманковые гранодиориты, 6 – порфиroidные гранодиориты и граниты; 7 – лейкократовые и аплитовидные граниты; 8 – чичаткинский комплекс позднепермского возраста: туфы, туфолавы и игнимбриты трахиандезитов и трахириолитов, трахиандезиты, риолиты, риодациты, туфопесчаники и туфоконгломераты; 9 – десовский комплекс раннего триаса (?): гранит-порфиры и гранодиорит-порфиры; 10 – укурейская свита верхней юры: трахириолиты и трахидациты; 11 – амуджиканский интрузивный комплекс поздней юры: порфиroidные и грубопорфиroidные гранодиориты и граниты; 12 – ранне-позднемеловой дайковый комплекс: а – гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, б – спессартиты и диоритовые порфириды; 13 – контактовые роговики; 14 – зоны расланцевания и милонитизации пород; 15 – разломы (а – региональные: I – Северо-Сергачинский, II – Хайктинский, III – Южно-Сергачинский; IV – Больше-Иличинский, б – второстепенные); 16 – рудоносные зоны и их названия: а – турмалин-гранат-ортоклаз-мусковит-кварцевого состава (2 – Фланговая, 3 – Береговая, 4 – Орогжан, 5 – Южная), б – ортоклаз-мусковит-кварцевого состава (6 – зона № 13, 7 – Восточная, 8 – зона № 16, 9 – зона № 17, 10 – зона № 10, 11 – зона № 2); 17 – минерализованные зоны дробления, расланцевания и окварцевания пород и их названия (12 – Диоритовая, 13 – Иншуты, 14 – зона 14, 15 – Тригопункт, 16 – Северный Орогжан, 17 – Перевальное, 18 – Правобережье Хайкты, 19 – Аэродромное, 20 – Правобережное, 21 – Геофизическое-1, 22 – Геофизическое-2, 23 – Низовье Хайкты); 18 – Березитовое золото-полиметаллическое месторождение; 19 – кварцевые жилы (24 – жила 1 «Старая штольня», 25 – жила № 2, 26 – жила «Орогжан», 27 – Северная); 20 – геологические границы (а – контакты, б – фациальные разновидности пород); 21 – россыпи; 22 – точки отбора проб для изотопных U-Pb исследований.

В южной части рудного поля распространены древние метаморфические образования, представленные биотит-роговообманковыми гнейсами, кристаллосланцами,

реже – кордиерит-силлиманит-гранатовыми гнейсами могочинской серии нижнего архея (Государственная ..., 2006). Величина изотопного возраста цирконов из гнейсов могочинской серии составляет 1867 ± 8.1 млн. лет. Метаморфизованные древние интрузивные породы, представленные преимущественно габбро-амфиболитами, относятся к кенгуракскому габбро-анортозитовому комплексу раннего протерозоя. Возраст их формирования составляет 1866 ± 6 млн. лет (Бучко и др., 2006).

В составе Хайктинско-Орогжанского массива выделяются: гнейсовидные биотит-роговообманковые гранодиориты, порфиroidные роговообманково-биотитовые гранодиориты и граниты, лейкократовые биотитовые граниты, аплитовидные граниты. Предполагается, что массив гранитоидов имеет плитообразную форму. Вертикальная мощность массива в центральной части оценивается порядка 2 км. По петрохимическим показателям гранитоиды массива относятся к породам нормального и субщелочного ряда, средне-высококаалиевой известково-щелочной серии (Вах и др., 2013).

По результатам U-Pb изотопного датирования цирконов методами SHRIMP-II и LA-ICP-MS, проведенного в трех независимых лабораториях, надежно фиксируется позднепалеозойский возраст гранитов Хайктинско-Орогжанского массива (Вах и др., 2013). Изотопный возраст составляет для порфиroidных гранитов – 344-355 млн. лет, для гнейсовидных гранодиоритов – 379.0 ± 1.1 млн. лет.

Мезозойские магматические образования в пределах рудного поля представлены небольшим штокообразным массивом гранит-порфиров, раннетриасового десовского субвулканического комплекса, трахириолитами и трахидацитами укурейской свиты верхней юры, граносиенитами и субщелочными гранитами амуджиканского комплекса поздней юры (Козак и др., 2000), а также позднемезозойским комплексом дайковых пород пестрого состава.

Граносиениты и субщелочные граниты амуджиканского комплекса слагают крупный Хайктинский плутон (площадью более 1 000 км²), фрагменты которого проявлены в северной (Центральный выступ), западной (Лазаревский выступ) и восточной (Ольдойский выступ) частях рудного поля. Хайктинский плутон рассматривается как гигантский многокупольный граптолит с неровной апикальной поверхностью (Стриха и др., 2000). По результатам гравиметрических работ предполагается, что Хайктинский массив представляет собой полого погружающуюся на юго-восток пластину, с неглубоким залеганием кровли в пределах Березитового месторождения.

Гранитоиды Хайктинского массива относятся к породам нормального и умереннощелочного ряда и принадлежат преимущественно к известково-щелочной и субщелочной сериям. По геохимическим показателям магматические породы Хайктинского массива относятся к гранитоидам I типа магнетитовой интрузивной серии и представляют собой позднеорогенные образования, формирующиеся в активных континентальных окраинах зоны субдукции (Стриха, 2012).

Возраст формирования грубопорфиroidных гранитов Хайктинского массива по результатам U-Pb датировок цирконов (LA-ICP-MS) составляет 137.6 ± 0.67 млн. лет. Эта датировка согласуется с результатами Rb/Sr и ⁴⁰Ar/³⁹Ar определений абсолютного возраста гранитоидов Хайктинского массива в 132 ± 3 млн.лет (Стриха, 2012; Сорокин и др., 2014).

В составе ранне-позднемелового дайкового комплекса выделяются ранняя и поздняя фазы. Дайки ранней фазы представлены гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами и гибридными порфиритами (Старк, 1976). Дайковые образования поздней фазы включают диоритовые порфириты, микродиориты, диабазовые порфириты, спессартиты и керсантиты. Породы дайкового комплекса прорывают все магматические образования рассматриваемой территории. Судя по немногочисленным K-Ar датировкам, возраст дайкового комплекса составляет 105-100 млн. лет (Старк, 1976). Возраст даек гранодиорит-порфиров составляет 112 ± 1 млн. лет, а неизменных спессартитов – 109 ± 9 млн. лет и 107 ± 4 млн. лет (материалы А.С. Ваха, K-Ar метод, лаборатория ПГО «Уралгеология», г. Свердловск). В составе дайкового комплекса Б.Л. Залищак (1978) были впервые выделены в самостоятельную группу измененные дайковые породы (метапорфириты).

В пределах Березитового рудного поля широко развиты минерализованные метасоматиты, слагающие крутопадающие линзовидные и линейные зоны субширотного и субмеридионального простирания, а также кварцевые жилы и прожилки. Кроме известной зоны № 1, в которой локализовано золото-полиметаллическое оруденение Березитового месторождения, в пределах рудного поля выявлены и с различной степенью детальности изучены около 10 подобных метасоматических образований (Фланговая, Восточная, Диоритовая, Геофизическая и другие зоны). В большинстве случаев метасоматические зоны имеют в плане линзовидную форму. Длина их изменяется от 200 до 900 м, при максимальной ширине до 250 м. Они сложены кварц-мусковитовыми и полевошпат-кварц-мусковитовыми метасоматическими породами. Метасоматиты содержат рассеянную вкрапленную сульфидную минерализацию, представленную преимущественно пиритом и пирротинном. Реже отмечается наличие сфалерита, галенита и халькопирита. Содержания золота в сульфидизированных метасоматитах, как правило, не превышают 0.1-1.0 г/т.

Серии кварцевых жил и прожилков повсеместно развиты в пределах рудного поля. Наиболее крупными объектами являются кварцевые жилы № 1 и № 2 на площади Березитового месторождения. Жилы приурочены к зоне дробления, протяженность которой составляет порядка 7 км. Простирание жил северо-западное, падение – юго-западное, 600-700. Жила № 1 прослежена от борта р. Хайкта (вскрыта штольной № 1) до русла руч. Константиновского на расстоянии порядка 1 км. Она приурочена к дайке метапорфиритов, которая в районе штольни № 1 имеет гранат-биотит-ортоклаз-анортит-мусковит-кварцевый состав. Жила № 2 протягивается от руч. Константиновского до южной границы зоны № 1 и далее до долины руч. Орогжан. Прослежена по поверхности канавами на расстоянии более 3 км. Эти жилы детально изучены на глубине скважинами и подземными выработками. Они сложены крупнозернистым массивным белым, серовато-белым кварцем с пиритом и реже – пирротинном. Количество сульфидов в кварце обычно не превышает 1%. В отдельных участках кварцевых жил отмечается развитие гнездовидной и прожилково-вкрапленной рудной минерализации более сложного состава, представленной пиритом, пирротинном, шеелитом, халькопиритом, сфалеритом и козалитом. Наиболее интенсивно сульфидная минерализация развита в жиле № 1 в борту р. Хайкта, где, по данным опробования в кварце, установлены содержания: W – до 0.11%, Pb – 0.09-0.19%, Zn – 0.5-1.54%, Bi – 0.1%, Au – 0.5-4 г/т. Содержание Ag колеблется от 60 до 130 г/т. Концентрации Au в кварцевых жилах весьма низкие и не превышают 0.п г/т, редко – 1-2 г/т, максимальное – 13.4 г/т.

Березитовое месторождение представлено крупной крутонаклонной зоной рудоносных метасоматических пород, которые локализованы в позднепалеозойских порфировидных гранодиоритах Хайктинско-Орогжанского массива. В плане зона имеет сложную линзовидную форму, субмеридиональное простирание и крутое падение (70-75°) в юго-западном направлении (рис. 7.2). Длина ее достигает 950 м, мощность меняется от 110 м в центральной части до 10-15 м – в северной. Зона объединяет два крутопадающих уплощенных воронкообразных тела – Центральное и Северное, сопряженных вблизи поверхности, но выклинивающихся с глубиной (рис. 7.3). Осевые части тел приурочены к узлам пересечения субмеридиональной зоны с разрывными нарушениями субширотного направления.

Рудовмещающие породы представлены мусковит-кварцевыми метасоматитами с существенными количествами (до 6%) граната и турмалина. Эти минералы находятся в метасоматитах в виде неравномерно рассеянной порфиробластической вкрапленности. Реже в составе метасоматитов встречаются ортоклаз, хлорит, Zn-хлорит, биотит, анортит, цинковая шпинель (железистый ганит), титанит, циркон, эпидот, алланит, монацит-(Ce), пренит, фторапатит, флюорит, графит, гротит, червандонит-(Ce) (Вах, Авченко, 2010).

На контакте с вмещающими гранодиоритами метасоматиты обнаруживают четко выраженное зональное строение. В направлении от гранитов к центру метасоматической залежи выделяются следующие минералогические зоны (Авченко и др., 2014):

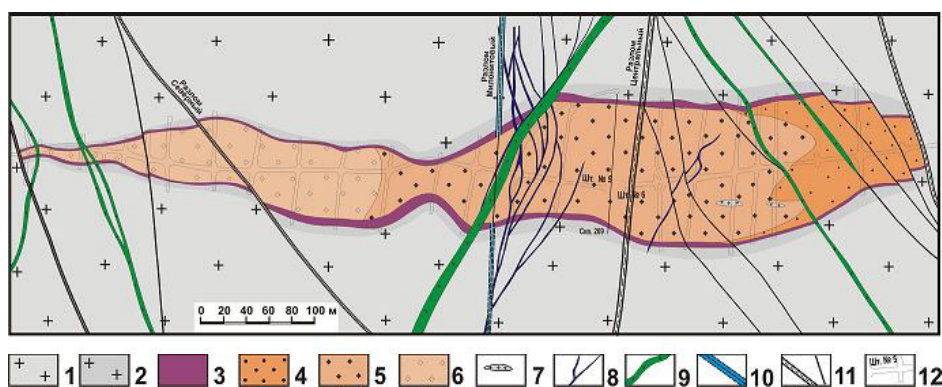


Рис. 7.2. Геологический план рудной зоны Березитового месторождения на горизонте +676 м (по материалам геологической службы ПГО «Дальгеология»): 1 – верхнепалеозойские порфиroidные гранодиориты и граниты; 2 – метасоматически измененные порфиroidные гранодиориты и граниты; 3–6 – метасоматиты: гранат–ортоклаз–биотит–плаггиоклаз–мусковит–кварцевые (3), турмалин–гранат–ортоклаз–мусковит–кварцевые (4), турмалин–гранат–мусковит–кварцевые (5); турмалин–гранат–кварц–мусковитовые (6); 7 – реликты гранодиоритов; 8 – дайки метапорфиритов; 9 – пострудные дайки спессартитов и диоритовых порфиритов; 10 – зона катаклазированных и милонитизованных гранитов с сульфидной минерализацией; 11 – тектонические нарушения: а – зоны дробления пород, б – разломы; 12 – подземные разведочные горные выработки.

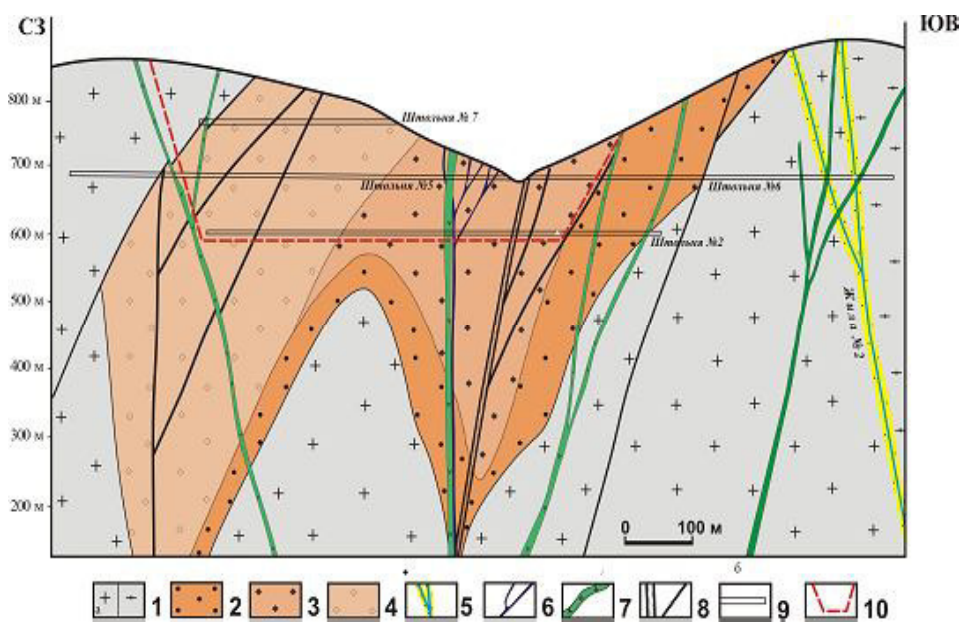


Рис. 7.3. Вертикальная проекция Березитового месторождения. Составлена по материалам ПГО «Дальгеология»:

1 – верхнепалеозойские порфиroidные гранодиориты и граниты (а), гнейсовидные гранодиориты (б); 2–4 – метасоматиты: 2 – турмалин–гранат–ортоклаз–мусковит–кварцевые, 3 – турмалин–гранат–мусковит–кварцевые, 4 – турмалин–гранат–кварц–мусковитовые; 5 – кварцевые жилы; 6–7 – дайки: 6 – метапорфиритов, 7 – диоритовых порфиритов и спессартитов; 8 – разломы; 9 – разведочные горные выработки; 10 – контур эксплуатационного карьера.

Зона А. Слабоизмененный гранодиорит. Магматический парагенезис: кварц + плаггиоклаз (№ 25) + ортоклаз + биотит + роговая обманка. Изменение гранодиоритов выражено в развитии вторичного биотита по роговой обманке, появлении в небольших количествах новообразованного мусковита, кварца, хлорита и эпидота. Структура пород гранитная, порфиroidная, среднезернистая. Акцессорные минералы представлены преимущественно апатитом, цирконом, магнетитом, ортитом и сфеном.

Зона В. Сильноизмененный гранодиорит. Метасоматическое изменение обусловлено появлением мелких табличек основного плагиоклаза (вплоть до анортита), обильного мусковита и кварца, эпидота, хлорита и сульфидов, преимущественно пирита, реже присутствуют турмалин и гранат андрадит-гроссулярового состава. Мощность зоны сильноизмененных гранодиоритов составляет первые метры.

Зона С. Темно-серые тонкозернистые плотные метасоматиты, в которых широко развиты идиоморфные кристаллы граната альмандин-спесартинового состава. Парагенезис пород: кварц + мусковит + гранат + ортоклаз + биотит + плагиоклаз (№ 90–95), в небольших количествах отмечаются турмалин, магнетит, ильменит и червандонит (Сс), а также вкрапленная сульфидная минерализация, представленная преимущественно пиритом и пирротинном. Метасоматиты слагают зону мощностью от первых десятков сантиметров до 10 м, окаймляя грубообразную метасоматическую залежь на ее контакте с гранитами.

Зона D. Светло-серые тонкозернистые рудоносные метасоматиты основной части метасоматической залежи, в которых видны мелкие единичные агрегаты граната и турмалина. В отдельных участках пород совместно с гранатом находятся агрегаты цинковой шпинели – ганита. Парагенезис пород: турмалин + гранат + мусковит + кварц. Соотношения кварца и мусковита непостоянны. В центральной части зоны в составе метасоматитов превалирует кварц, в северной – мусковит. В южной части зоны в составе мусковит-кварцевых метасоматитов широко развит ортоклаз (до 20%). Проведенными исследованиями установлено, что при образовании метасоматических пород из гранодиоритов выносятся Na, Ca, Ba и Sr, а K, Mn и Rb привносятся (Авченко и др., 2014).

В пределах метасоматической зоны незначительно развиты существенно турмалиновые, кварц-турмалиновые и кварцевые прожилки с сульфидной минерализацией. Реже отмечаются маломощные кварц-сульфидные жилы, а также карбонатные и флюоритовые прожилки. Зона метасоматитов рассечена внутрирудными дайками метапорфириров, а также пострудными дайками спесаргитов и диоритовых порфириров.

Дайки метапорфириров образуют в центральной части метасоматической зоны серию маломощных тел сложной формы, имеющих четкие контакты с вмещающими метасоматитами. Они представляют собой породы темно-серого цвета с мелкозернистой структурой и многочисленными идиоморфными порфиробластами граната, размером до 5-6 мм. Основная масса породы состоит из плагиоклаза, биотита, магнетита, ильменита и кварца. Рудные минералы представлены преимущественно пиритом, реже арсенопиритом, единичными мелкими агрегатами галенита, шеелита и герсдорфита.

Светло-серые метасоматические породы, слагающие основную часть зоны, брекчированы. Обломочный материал брекчий цементируется сульфидными минералами по системе сложных трещин. Количество сульфидных минералов в метасоматитах достигает 10-12 % объема породы. В направлении от центра рудной зоны к периферии количество сульфидных минералов в метасоматитах постепенно уменьшается.

К основным рудным минералам на месторождении относятся галенит, сфалерит, пирит, пирротин и магнетит. Второстепенные и редкие минералы руд представлены марказитом, халькопиритом, арсенопиритом, ильменитом, мышьяксодержащим пиритом, леллингитом, самородным золотом, самородным висмутом, аргентитом, шеелитом, молибденитом, сурьмяно-мышьяковыми сульфосолями Pb (иорданит, геокронит, буланжерит, джемсонит, дюффренауазит), сульфоарсенидами Pb и Cu (зелигманнит), сульфоантимонитами Pb, Cu и Bi (мененгинит, висмутовый мененгинит, якульскийкиит), сульфоантимонитами Cu и Ag (полибазит), блеклыми рудами теннантит-тетраэдрит-фрейбергитового рядов, сульфовисмутитами Pb (матильдогаленит, козалит, лиллианит, канницарит, ашамальмит), сульфовисмутитами Pb и Ag (хейровскиит-викингитовый ряд), сульфовисмутитами Pb и Cu (айкинит), теллуридами Bi (теллуrowисмутит Bi_2Te_3), сульфотеллуридами Bi (тетрадимит, жозеит-В), сульфотеллуридами Bi и Pb (алексит-саддлебакитовый ряд), сульфотеллуридами Ag и Sb (бенлеонардит, цнигриит), теллуридами Au, Ag и Pb (петцит, калаверит, гессит, алтаит). Вторичные минералы представлены ярозитом, лимонитом, гидрогетитом, малахитом, мелантеритом, ковеллином,

халькантитом, англезитом, церусситом, смитсонитом. Мощность зоны окисления на месторождении незначительная и не превышает 5-7 м.

Основными полезными компонентами руд Березитового месторождения являются золото, серебро, свинец, цинк и кадмий. Средние содержания этих компонентов в рудах месторождения составляют: Au – 3 г/т, Ag – 14.3 г/т, Pb – 0.57 %, Zn – 0.93 % (Васильев и др., 2000). В отдельных участках рудного тела максимальные содержания достигают: Au – 365 г/т, серебра – 231 г/т, цинка – 10%, свинца – 9%. Содержания кадмия в сфалерите колеблются от 0.20 до 0.35%. Концентрации других рудных элементов составляют: As – 0.003-0.5%, Bi – 0.0001-0.02%, Sb – 0.001-0.01%, Cu – 0.001-0.5%, Mo – 0.0001-0.02%, W – 0.0001-0.001%, Sn – 0.0001-0.0002%, In – 0.003-0.006%.

По количественному содержанию полиметаллов и соотношению Pb и Zn руды месторождения подразделяются на три основных минеральных типа: пирит-пирротин-сфалеритовый, пирит-галенит-сфалеритовый и пиритовый. В их распределении в пределах зоны отчетливо проявлена горизонтальная зональность. Пирит-пирротин-сфалеритовый тип руд, с соотношениями Zn/Pb = 8/1×2/1 (среднее 5/1), развит преимущественно в турмалин-гранат-кварц-мусковитовых метасоматах северной части зоны. Пирит-галенит-сфалеритовый тип руд, с соотношением Zn и Pb примерно 1:1, локализован в турмалин-гранат-мусковит-кварцевых метасоматитах центральной части зоны. Существенно пиритовый тип руд, с концентрациями Pb+Zn менее 0.5 %, широко распространен в турмалин-гранат-ортоклаз-мусковит-кварцевых метасоматитах южной части зоны, а также в «окаймляющих» зону темно-серых метасоматитах гранат-ортоклаз-биотит-анортит-мусковит-кварцевого состава.

Промышленное золотоносное рудное тело четких геологических границ не имеет. К нему отнесена обогащенная полиметаллической минерализацией основная часть метасоматической зоны, где содержания золота достигают установленных кондиций. На поверхности рудное тело оконтуривается в виде единой полосы субмеридионального простирания, приуроченной к осевой части зоны метасоматитов.

Золотая минерализация в рудном теле распределена неравномерно. Она сосредоточена в двух обогащенных участках, которые расположены в осевых частях Центрального и Северного конусообразных тел. Участки приурочены к узлам пересечения субмеридиональной метасоматической зоны разломами субширотного простирания. Руды этих участков существенно различаются по содержанию Au и Ag. В свинцово-цинковых рудах центрального участка средние содержания Au составляют 2-4 г/т, Ag – 8-16 г/т. В существенно цинковых рудах северного участка концентрации Au ниже и в среднем не превышают 1-2 г/т, а концентрации Ag выше и составляют в среднем 16-20 г/т.

На месторождении проявлено два типа золотосодержащих руд, различающихся по структурной позиции, минеральному составу и степени золотоносности (Вах, 1983). Они выделены в самостоятельные минеральные комплексы – золото-полиметаллический и золоторудный.

Образования золото-полиметаллического комплекса представлены золотосодержащими полиметаллическими рудами центральной и северной части зоны (со средними содержаниями Au от 1 до 4 г/т), которые локализованы в метасоматитах в виде сложного рудного штокверка. Руды сложены крупнозернистыми гранобластовыми агрегатами сфалерита и галенита (рис. 7.4), с неравномерно распределенной более мелкозернистой массой пирита, пирротина и халькопирита.

В составе руд золото-полиметаллического комплекса отчетливо выделяются два одновременных минеральных парагенезиса: ранний – пирит-I-галенит-сфалеритовый и поздний – пирротин-магнетит-пирит-II-арсенопирит-халькопиритовый. Наиболее ранние минералы в рудах комплекса – крупнокристаллические сфалерит и галенит, а также ранние агрегаты пирита, для которых характерно отсутствие четко выраженных кристаллических форм. По этим минералам часто развивается пирротин в виде различных по форме неправильных выделений, с наличием отчетливых структур замещения. Сфалерит и пирротин повсеместно замещаются магнетитом.

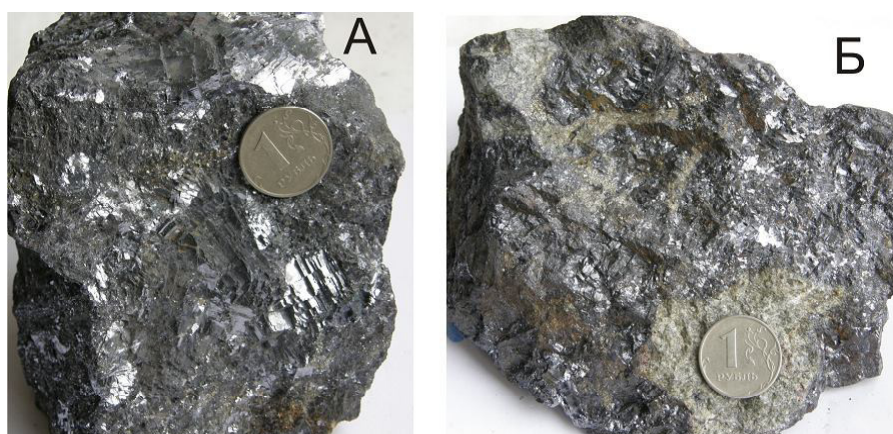


Рис. 7.4. Типовые образцы золотосодержащих полиметаллических руд Берзитового месторождения, представленные крупнозернистыми агрегатами галенита (А) и сфалерита (Б).

Пирит-II распространен в рудах преимущественно в виде равномерно вкрапленных кристаллов (размерами от 0.2 до 2-4 мм) либо их сростаний. Часто его выделения находятся непосредственно в пирротине и сфалерите в виде единичных идиоморфных кристаллов, которые содержат овальные включения вмещающих его сульфидных минералов. Арсенопирит находится в сульфидных рудах исключительно в виде единичных крупных, хорошо ограненных кристаллов размером до 5 мм. Как и пирит, он часто содержит включения галенита и сфалерита. Наиболее поздний минерал руд комплекса – халькопирит – развивается по вышеперечисленным сульфидам.

Золотая минерализация в полиметаллических рудах комплекса находится в виде самородного золота и тесно ассоциирует с сульфидными минералами позднего парагенезиса. Установлено, что минералы раннего парагенезиса практически не содержат самородного золота. Результаты пробирного анализа монофракций галенита и сфалерита в большинстве случаев также указывают на низкие концентрации Au. По данным нейтронно-активационного анализа, концентрации Au в агрегатах крупнозернистого галенита из руд раннего парагенезиса составляют 0.1-1.24 г/т, при содержаниях серебра от 996 до 2182 г/т (11 проб).

Наличие повышенных концентраций Au в полиметаллических рудах визуально фиксируется по широкому развитию мелкозернистых агрегатов пирита, развитию в сульфидных массах единичных крупных агрегатов арсенопирита с четко выраженными кристаллическими формами, а также по появлению около сфалерит-галенитовых руд своеобразных реакционных оторочек, представленных скоплениями агрегатов граната альмандин-спессартинового состава. Детальными минералогическими исследованиями установлено, что основная часть самородного золота в полиметаллических рудах сосредоточена преимущественно в пирите и халькопирите, реже – в магнетите. Самородное золото находится в этих минералах в виде округлых выделений с размерами от 0.1 до 5 мкм, реже – 20-30 мкм. По результатам нейтронно-активационного анализа 30 мономинеральных проб пирита концентрации Au в них колеблются от 0.2 до 150 г/т (среднее – 15 г/т).

Изучение пиритов, выполненное с помощью рентгеноспектрального микроанализатора JEOL-8100, показало, что в них выделяются участки мышьяксодержащего пирита, с концентрациями As до 2%. Микроагрегаты мышьяксодержащего пирита развиваются в пирите в виде сложных по форме микропрожилков. Участки распространения этого минерала обычно трассируются обильной микровкрапленностью галенита-II, арсенопирита, сурьмяно-мышьяковых сульфосолей свинца и самородного золота. Приведенные данные свидетельствуют о более поздней, наложенной природе золотой минерализации в ранних полиметаллических рудах Берзитового месторождения.

К образованиям золоторудного комплекса отнесены жильные и прожилковые типы руд, которые занимают секущее положение по отношению к рудам золото-полиметаллического комплекса и дайкам метапорфиритов. Образования комплекса развиты на месторождении весьма незначительно. Однако с ним на месторождении связаны аномально высокие концентрации Au – от десятков до первых сотен г/т. Руды комплекса представлены маломощными жильными телами и тонкими прожилками сульфидного, турмалинового, турмалин-кварцевого, кварц-сульфидного, кварц-гранатового и кварц-гранат-сульфидного состава. Они распространены как в пределах рудно-метасоматических образований зоны, так и во вмещающих ее гранодиоритах. В большинстве случаев жильно-прожилковые руды приурочены к секущим рудную зону субширотным разрывным нарушениям. Руды комплекса характеризуются наличием видимых агрегатов самородного золота, широким развитием теллуридов золота, матильдогаленита (галенита-II), арсенопирита и разнообразных сложных сульфосолей, в состав которых входит Ag, Bi, Sb, As, Te. В составе золоторудного комплекса выделяются золото-сульфидная, золото-кварц-гранат-сульфидная и золото-кварц-сульфидная минеральные ассоциации.

Золото-сульфидная ассоциация проявлена в рудно-метасоматических породах месторождения, в дайках метапорфиритов, а также во вмещающих гранитоидах. Наиболее ярко она проявлена в гранодиоритах в виде рудной зоны «Милонитовая», приуроченной к разрывному нарушению северо-восточного простирания. Рудная зона представлена дробленными, катаклазированными и милонитизированными гранитами, сцементированными тонкозернистыми сульфидами. Участками отмечаются тонкие прожилки кварца. Мощность зоны колеблется от 1-5 до 10 м. Содержания Au в отдельных пробах, отобранных на верхних горизонтах зоны, составляют 0.5-11 г/т, Ag – 10-85 г/т, Zn – 0.3-2.4%, Pb – 0.1-1.2%. Основными минералами рудной зоны «Милонитовая» являются пирит, тонкозернистый галенит и маложелезистый сфалерит. Реже отмечаются халькопирит, полибазит, шееелит, самородное золото, самородное серебро, гессит, фрейбергит и бенлеонардит (Вах и др., 2011). Нерудные минералы представлены эпидотом, андрадит-гроссуляровым гранатом, кальцитом, кварцем, хлоритом, актинолитом, тремолитом, апатитом и флюоритом.

На других участках месторождения ассоциация представлена тонкими прерывистыми сульфидными прожилками или небольшими сульфидными гнездами в гранодиоритах, приуроченными к субширотным трещинам скалывания или отрыва. Мощность сульфидных образований редко превышает 2-10 мм. Основным рудным минералом ассоциации является мелкозернистый (реже крупнозернистый) галенит. Меньшее значение имеют пирит и халькопирит. В незначительных количествах отмечаются пирротин, арсенопирит, сульфосоли свинца, самородный висмут и самородное золото. В золото-сульфидных прожилковых рудах глубоких горизонтов северной части зоны в составе золото-сульфидной ассоциации широко распространены минералы из группы сульфовисмутитов Ag и Pb, теллуриды Pb, Ag, Bi и Au, сульфотеллуриды Ag и Bi, сульфотеллуриды Pb и Bi (Вах и др., 2012).

В пределах рудоносной зоны золото-сульфидная ассоциация фиксируется с большим трудом. В северной части рудной зоны выявлены участки, где в метасоматической породе гнездовидные выделения массивных пирротин-сфалеритовых руд пересекаются линзовидными и прожилковидными выделениями мелкозернистых сульфидных руд галенит-халькопиритового состава.

Самородное золото в рудах ассоциации, как правило, находится в тесных сростаниях с галенитом-II либо находится в нем в виде микронных выделений. В отдельных образцах самородное золото тесно ассоциирует с теллуридами золота. Изредка отмечаются выделения самородного золота в арсенопирите в виде крупных прожилковых агрегатов, обычно приуроченных к микротрещинам, а также в пирите – в форме округлых микронных выделений (рис. 7.5).

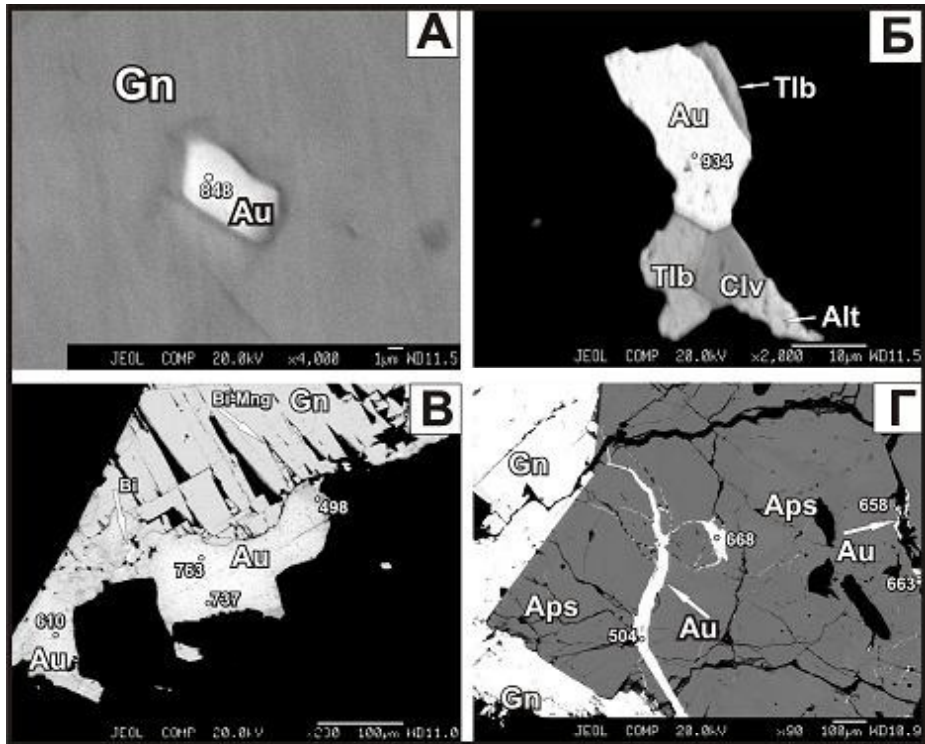


Рис. 7.5. Самородное золото в рудах золото-сульфидной ассоциации Березитового месторождения:

А-Б – прожилковые руды в гранодиоритах: А – микроскопические выделения самородного золота (Au) в галените-II (Gn), Б – сростания самородного золота с теллуовисмутитом (Tlb), калаверитом (Clv) и алтаитом (Alt); В-Г – прожилковые руды в метасоматитах: В – сростания самородного золота (Au) с галенитом-II (Gn, мелкие округлые выделения в галените – самородный висмут, серые пластинчатые агрегаты в галените – висмутовый менегинит (Bi-Mng); Г – микропрожилки самородного золота (Au) в арсенопирите (Aps). Показаны точки анализов и проба самородного золота по результатам микрорентгеноспектрального анализа. Изображения в отраженных электронах.

Золото-кварц-гранат-сульфидная ассоциация развита только в пределах рудоносной зоны. Она представлена кварц-гранатовыми и кварц-гранат-сульфидными прожилками. Эта ассоциация широко проявлена на верхних горизонтах центрального рудного тела. С ней связаны высокие содержания золота (до первых сотен г/т). Ассоциация характеризуется наличием крупных выделений самородного золота, а также своеобразных сростаний самородного золота с гранатом алмадин-спессартинового состава (рис. 7.6).

Основная часть самородного золота ассоциации находится в тесных сростаниях с гранатом. Часто агрегаты самородного золота непосредственно сосредоточены в гранате в виде многочисленных микронных включений. Самородное золото имеет округло-изометричные, пластинчатые, ажурные, нитевидные, иногда кристаллические формы. Реже отмечаются многочисленные сростания самородного золота с галенитом-II, арсенопиритом и сульфосолями свинца (рис. 7.7).

Золото-кварц-сульфидная ассоциация слагает серии маломощных кварц-сульфидных прожилков и жил в метасоматитах и вмещающих гранитоидах в центральной и северной части рудного тела. Они пространственно тяготеют к зонам дробления Милонитового и Северного разломов. Отдельные жильные тела приурочены к тектоническим контактам даек метапорфиритов с метасоматитами. Маломощные прожилки кварца фиксируются и в рудной зоне «Милонитовая». Прожилки и жилы ассоциации сложены светло-серым, участками друзовидным кварцем с неравномерно распределенной вкрапленной сульфидной минерализацией.

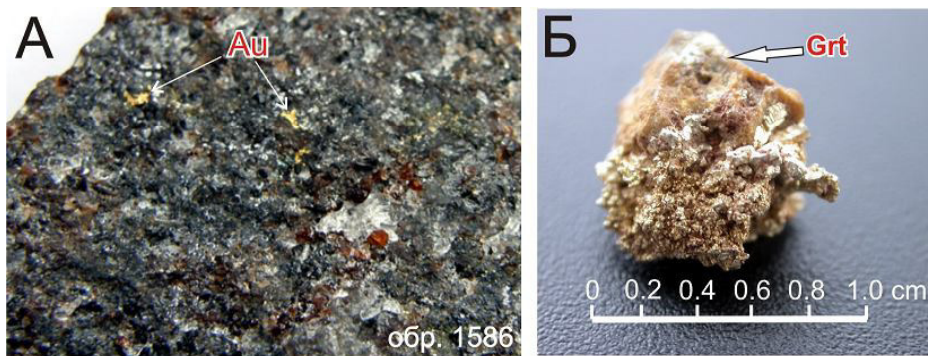


Рис. 7.6. Самородное золото в рудах кварц-гранат-сульфидной ассоциации Березитового месторождения:

А – пластинчатые агрегаты самородного золота (Au) в кварц-гранатовой матрице; Б – агрегат самородного золота сложной дендритовидной формы в тесных сростаниях с гранатом (Grt).

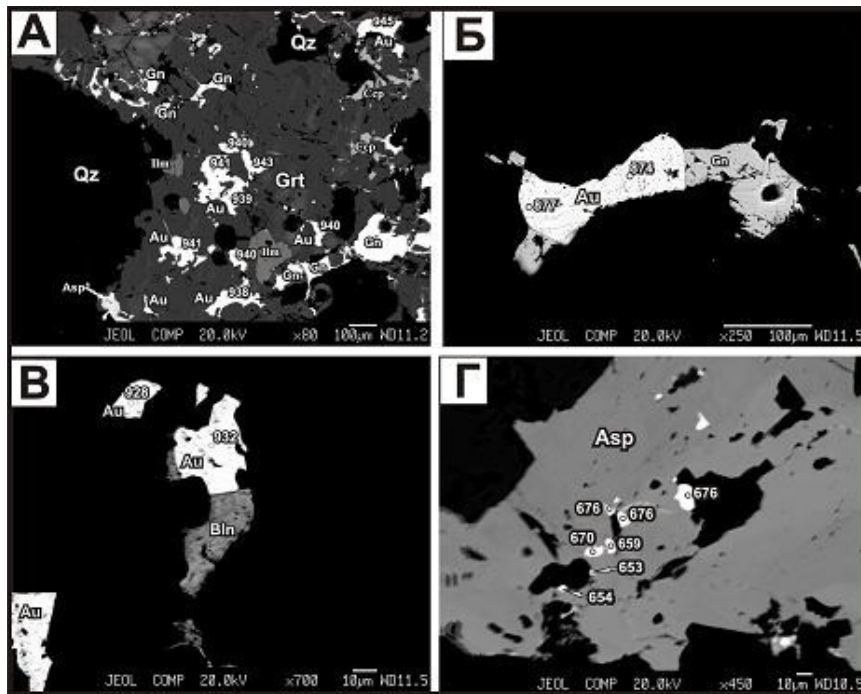


Рис. 7.7. Самородное золото в рудах золото-кварц-гранат-сульфидной ассоциации Березитового месторождения:

А – включения самородного золота (Au), арсенопирита (As), халькопирита (Csp), галенита (Gn) и ильменита (Ilm) в гранате (Grt); Б – сростания самородного золота (Au) с галенитом-II (Gn); В – сростания самородного золота (Au) с бланжеритом (Bln); Г – микровключения самородного золота (Au) в арсенопирите (Asp). Показаны точки анализов и проба самородного золота по результатам микрорентгеноспектрального анализа. Изображения в отраженных электронах.

В составе прожилков часто отмечаются угловатые обломки вмещающих метасоматитов, а также единичные крупночешуйчатые агрегаты биотита и черного турмалина. Изредка в составе кварцевых жил фиксируются гнезда, выполненные преимущественно сидеритом, реже – Mn-содержащим монгеймитом $(Mn,Zn,Fe)CO_3$.

Основные рудные минералы золото-кварц-сульфидной ассоциации – галенит и пирит, реже – арсенопирит и халькопирит. Характерно широкое развитие сурьмяно-мышьяковых сульфосолей свинца иорданитовой и сарторитовой гомологической серий, а также блеклых руд переменного теннантит-тетраэдритового состава. В отдельных образцах минералы

сульфосолей свинца, представленные иорданитом или геокронитом, образуют крупные зернистые выделения, доминирующие в составе сульфидных минералов. В составе ассоциации весьма редко фиксируется молибденит с размером выделений 0.2-0.6 мм.

Наиболее крупные выделения самородного золота ассоциации чаще всего находятся в тесных сростаниях с галенитом-II или с сурьмяно-мышьяковыми сульфосолями свинца. В образцах руд, богатых арсенопиритом, золото часто находится непосредственно в арсенопирите в виде микронных округлых выделений либо в форме удлинённых агрегатов, заполняющих трещины в арсенопирите. Реже отмечается наличие мелких выделений золота в пирите, часто совместно с теллуридами золота. В редких случаях самостоятельные единичные крупные и мелкие агрегаты самородного золота бывают непосредственно в кварце.

Приведенные данные показывают, что минеральные ассоциации золоторудного комплекса имеют близкий минеральный состав и характеризуются широким развитием минералов из группы сульфосолей сложного состава. В прожилковых рудах относительно широко распространена висмутовая и висмут-теллуридная минерализация. Она представлена большой группой минералов, многие из которых имеют переменный состав и представляют собой нестехеометричные соединения различных гомологических рядов висмутовых сульфосолей.

Новые данные о минеральном составе руд и характере сростаний самородного золота с сульфидными минералами показывают, что прожилковые руды представляют собой близкосоответствующие золоторудные образования и могут рассматриваться как единый продукт заключительной стадии формирования золотой минерализации в полиметаллических рудах месторождения.

Сложный процесс формирования золоторудной минерализации в рудах Березитового месторождения нашел отражение в особенностях строения и состава самородного золота. В рудах обоих золотоносных комплексов месторождения отмечается наличие нескольких генераций самородного золота, различающихся морфологией, цветовыми оттенками и составом. По морфологическим особенностям выделяются три группы золота. Первая, наиболее распространенная разновидность самородного золота, представлена ксеноморфными, зернистыми, каплевидными и комковидными зёрнами, часто со сложной бугристой неровной поверхностью, а также уплощенно вытянутыми агрегатами; вторая – весьма мелкими каплевидными и тонкопластинчатыми выделениями, с размерами менее 50 мкм; третья, наиболее редкая разновидность самородного золота, характеризуется сложными ажурными выделениями, монокристаллами с четкими гранями, дендритоидами.

Самородное золото различается по цвету: ярко-белое с незначительным желтоватым оттенком; светло-желтое с зеленоватым оттенком; ярко-желтое; буро-желтое с бурым оттенком; иногда темно-красное.

По данным 244 определений, проведенных методом атомной абсорбции для золотин, выделенных из различных типов руд, средняя проба золота месторождения равна 861‰, при интервале колебаний 666-999‰ (рис. 7.8 А).

Широкий интервал изменчивости пробы золота, обусловленный наличием низко- и высокопробных индивидов, сохраняется на уровне определенных минеральных комплексов, минеральных ассоциаций и даже в пределах одного образца руд, в котором интервал колебаний пробы золота иногда составляет более 300 единиц. По данным спектрального анализа, в самородном золоте месторождения установлены следующие элементы-примеси (в мас.%): Cu – 0.001-0.04; Sb – 0.007-0.1; Fe – 0.03-0.6; Sn – 0.001-0.3; Hg – 0.001-0.08.

По данным микрорентгеноспектрального анализа интервал колебаний пробы золота Березитового месторождения более значителен и оценивается в пределах 345-1000‰, а средняя проба – 781‰. Гистограмма распределений пробы золота месторождения имеет сложный мономодальный вид, где отчетливо выделяются три основные разновидности

золота (рис. 7.8 Б). Первая разновидность представлена агрегатами низкопробного золота (400-600‰), вторая – относительно низкопробного золота (600-800‰), третья – преимущественно высокопробного и весьма высокопробного золота (800-1000‰). Последняя разновидность преобладает в рудах, причем основной интервал значений пробы находится в промежутке 900-950‰.

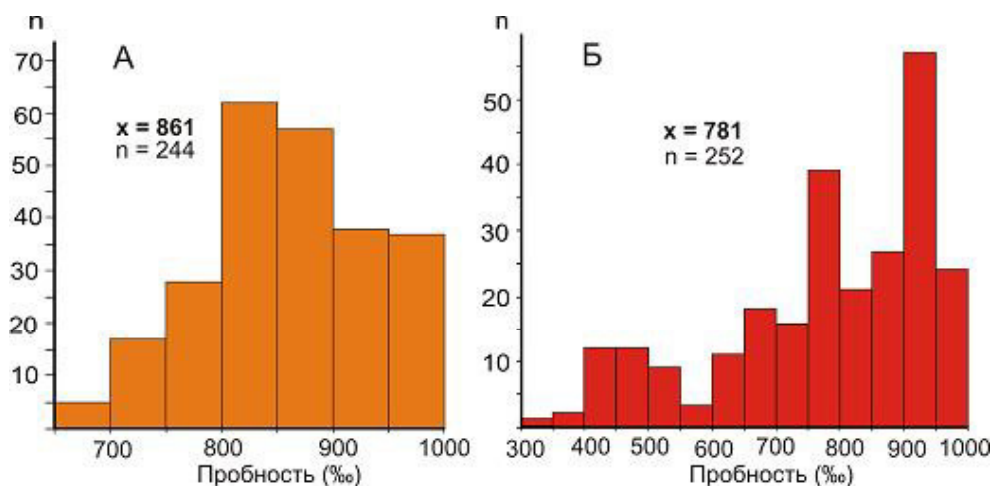


Рис. 7.8. Гистограммы распределения пробы самородного золота в рудах Березитового месторождения: методы анализа состава золотин: А – атомно-абсорбционный; Б – микрорентгеноспектральный (JXA-8100); n – количество определений; x – среднее арифметическое значение пробы.

Самородное золото с пробой 1000‰ встречается в полиметаллических рудах в агрегатах магнетита, а также в виде микровключений в агрегатах кварца из кварц-сульфидных прожилковых руд. Высокопробное самородное золото (900-950‰) постоянно отмечается в минеральных ассоциациях прожилковых руд, в составе которых присутствуют теллуриды Pb, Au, Ag и Bi. Агрегаты высокопробного золота в виде микронных выделений часто встречаются в пиритах и халькопиритах полиметаллических руд. Реже отмечаются сростания высокопробного золота с альмандин-спессартиновым гранатом в кварц-гранат-сульфидных прожилках. Относительно высокопробное самородное золото (700-800‰) чаще всего находится в сростаниях с матильдогаленитом, тонкозернистым галенитом-II, а также сурьмяно-мышьяковыми и сурьмяно-висмутовыми сульфосолями свинца. Низкопробное самородное золото (электрум с пробой 400-600‰) приурочено к полиметаллическим и прожилковым рудам, в минеральном составе которых широко развиты арсенопирит и леллингит.

Определения изотопного состава кислорода силикатов и серы сульфидов месторождения выполнены в лаборатории стабильных изотопов Аналитического центра ДВГИ ДВО РАН, а изотопного состава свинца галенитов – в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. U-Pb геохронологические изотопные исследования метасоматитов проводились по цирконам с помощью прецизионного ионного микрозонда высокого разрешения SHRIMP-II (ВСЕГЕИ) и методом LA-ICP-MS на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500a, соединенном с системой лазерной абляции пробы UP-213 (ДВГИ ДВО РАН).

Изотопные исследования цирконов из рудоносных метасоматитов месторождения по данным SHRIMP-II показали, что величина средневзвешенного изотопного возраста краевых зон цирконов, рассчитанная по 9 точкам, составляет 335±4.8 млн. лет (рис. 7.9). Средневзвешенная возрастная датировка этих же образований по результатам LA-ICP-MS оценивается в 323.1±7 млн. лет (по данным 6 точек).

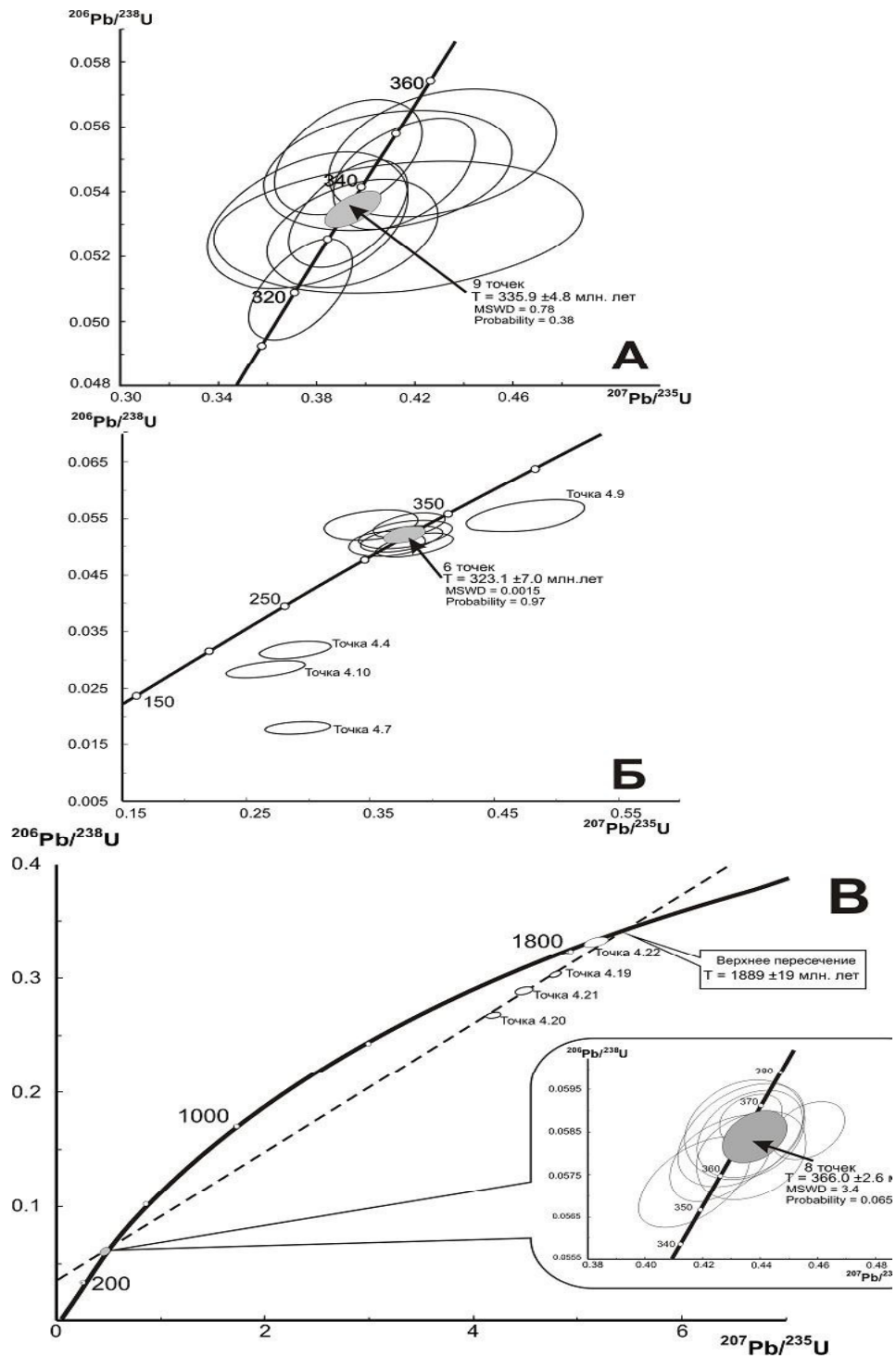


Рис. 7.9. Диаграммы с конкордиями для краевых зон (А, Б) и ядерных частей (В) зерен цирконов из рудоносных метасоматитов Березитового месторождения, выполненных методом SIMS (А) и методом LA-ICP-MS (Б, В). На врезке диаграммы В показан фрагмент конкордии в области возрастного диапазона 340-380 млн. лет.

Реже установлены более молодые единичные датировки краевых зон цирконов (276±7, 208±6, 189±7 млн. лет). По результатам LA-ICP-MS средневзвешенный конкордантный возраст ядерных частей цирконов из рудоносных метасоматитов, рассчитанный по 8 точкам, составляет 366±2.6 млн. лет. В ядерных частях отдельных агрегатов цирконов выявлены более древние датировки, конкордантный возраст которых составляет 1846,8±9 млн. лет, а дискордантный – 1742±4; 1680±7; 1602±5 млн. лет.

Установленные близкие значения изотопных возрастов цирконов из порфирировидных гранодиоритов (344–355 млн. лет) и метасоматитов Березитового месторождения (323–366 млн. лет) свидетельствуют, что основным исходным материалом для формирования рудно-метасоматических образований месторождения, несомненно, являлись вмещающие их порфирировидные граниты Хайктинско-Орогжанского массива позднепалеозойского возраста.

Стабильные изотопы кислорода и углерода изучались в рудоносных метасоматических породах месторождения и вмещающих их палеозойских гранитах в направлении: слабо измененные гранодиориты – интенсивно измененные гранодиориты – «темные» метасоматиты турмалин-гранат-мусковит-биотит-ортоклаз-анортит-кварцевого состава – «светлые» турмалин-гранат-мусковит-кварцевые метасоматиты. Установлено закономерное утяжеление величины $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ – от +9.6‰ до +11.2‰ и уменьшение величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ – от -10.8‰ до -27.2‰ в гранитах и метасоматических породах в направлении от передовых зон метасоматоза к тыловым (Авченко и др., 2015). Выявленные закономерности указывают на образование метасоматических пород месторождения непосредственно по вмещающим рудную зону гранитоидам.

Изучение изотопного состава серы пиритов, сфалеритов и галенитов, отобранных преимущественно из массивных полиметаллических руд, показало, что величина $\delta^{34}\text{S}$ колеблется в узких пределах: от +1.2 до -2.1, при средней величине в -0.18 (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Изотопный состав пирита, сфалерита и галенита из руд Березитового месторождения

Номер образца	Минерал	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$	T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C
57	Пирит	0.2		***	
57	Сфалерит	0.9	294	***	
57	Галенит	-1.4			525
1288	Галенит	-1.6			
1288	Сфалерит	0.2	368		
1294	Пирит	0.4			
1390	Галенит	-1.3			
1503	Галенит	-2.1			
1514	Галенит	0.0	***		
1514	Сфалерит	-0.1	***		
ЗГ-1109	Пирит	1.2		384	
ЗГ-1109	Сфалерит	0.5	547		
ЗГ-1109	Галенит	-0.6			480
ЗГ-1111	Пирит	1.1		384	
ЗГ-1111	Сфалерит	0.4	547		
ЗГ-1111	Галенит	-0.7			480

Примечания T₁-T₂-T₃ – сфалерит-галенитовый (Li, Liu, 2006), пирит-сфалеритовый и пирит-галенитовый (Омото, Рай, 1982) термометры; *** – нарушенное изотопное равновесие. Анализы выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН на изотопном масс-спектрометре Finnigan MAT 253. Аналитики: В.М. Авченко, Н.П. Коновалова, Т.А. Веливецкая.

Узкий интервал значений $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов и близость его к нулю свидетельствует о магматическом происхождении серы (Йенсен, 1970). Для сульфидов рудных объектов, связанных с гранитоидной магмой, указывались значения $\delta^{34}\text{S}$ от -4 до +4‰ (Омото, Рай, 1982) или от -3 до +3‰ (Field, Fifarck, 1985). Полученные изотопные данные однозначно указывают на магматический источник серы в сульфидах. В пяти образцах рассчитаны

температуры сульфидных равновесий по сфалерит-галенитовому (T_1 °C) ((Li, Liu, 2006), пирит-сфалеритовому (T_2 °C) и пирит-галенитовому (T_3 °C) термометрам (Омото, Рай, 1982). Они попадают в интервал от 294 до 547 °C.

Пять оценок температур из девяти дают относительно узкий интервал температур от 450 до 550 °C, которые близки к оценкам P-T условий формирования гранат-мусковитовых и гранат-биотитовых минеральных равновесий для даек метапорфиров и рудоносных метасоматитов, которые составляют примерно 570 °C и 4.0 кбар (Авченко и др., 2015).

Изотопный состав свинца галенитов из различных типов руд Березитового месторождения характеризуется близкими значениями изотопных соотношений. На диаграмме состава свинцов они попадают в поле свинца галенитов из рудных образований Яно-Колымской изотопно-геохимической провинции (рис. 7.10), которая, наряду с Омолонской и Алазейско-Олойская провинциями, была выделена на Северо-Востоке России (Чернышев и др., 2001). Галениты Березитового месторождения располагаются вдоль линии эволюции рудных свинцов Общего орогена согласно модели «Плюмботектоники» (Zartman, Haines, 1988).

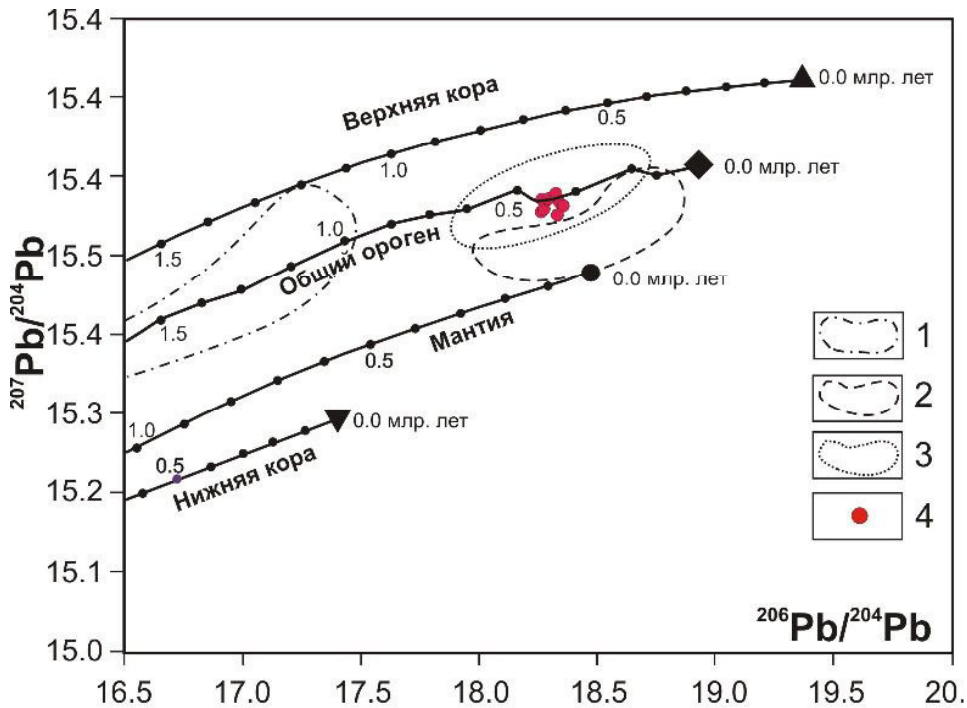


Рис. 7.10. Диаграмма $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для галенитов Березитового месторождения:

1-3 – области составов свинца из галенитов Омолонской (1), Алазейско-Олойской (2) и Яно-Колымской (3) провинций Северо-Востока России (Чернышев и др., 2001); 4 – точки составов галенитов Березитового месторождения. Сплошные линии – кривые эволюции состава свинца для Верхней и Нижней коры, Мантии и Общего орогена согласно модели «Плюмботектоники» версии IV (Zartman, Haines, 1988).

Модельный возраст отторжения свинцов Березитового месторождения определяется диапазоном примерно 330-400 млн. лет. Эти датировки согласуются с возрастом порфировидных гранодиоритов Хайктинско-Орогжанского массива. Близость датировок модельного возраста галенитов и цирконов, а также сходство изотопных характеристик рудных свинцов Березитового месторождения с Яно-Колымской провинцией позволяют предполагать, что одним из возможных источников рудного вещества полиметаллических руд месторождения были палеозойские граниты.

Березитовое месторождение представляет собой сложный полиформационный рудный объект, в образовании которого четко выделяются два основных рудных этапа: ранний – полиметаллический и поздний – золотой с сопутствующей Bi-Te-As минерализацией. В ранний этап сформировались конусообразные тела месторождения, сложенные эксплозивными брекчиями кварц-мусковитовые метасоматитов по позднепалеозойским гранитоидам. Завершающая стадия образования трубообразных флюидно-эксплозивных метасоматических тел сопровождалась процессами гидротермального рудообразования, способствующими отложению в кварц-мусковитовых метасоматитах свинцово-цинковой минерализации.

Второй этап, в течение которого было сформировано золотое оруденение, обусловлен наложением на ранние рудоносные метасоматические породы нового теплового потока и высокотемпературного рудного флюида, обогащенного F, B, а также Au, Bi, Te, и As. Этот этап характеризуется сопряженностью процессов термального метаморфизма полиметаллических руд и формированием в них рассеянной золотой минерализации. Локальность проявления этих процессов обусловлена формой трубообразной залежи, в которой существовали условия для прохождения флюидно-тепловых потоков. Высокотемпературные процессы реовинации рудной системы способствовали формированию в рудно-метасоматических породах и дайках месторождения высокотемпературных минеральных ассоциаций с алмадин-спессартиновым гранатом и турмалином, а также появлением в их составе других редких минералов, не характерных для типичных гидротермальных рудных объектов. С процессами термального преобразования руд тесно связано появление на месторождении прожилковых ассоциаций золоторудного комплекса, которые можно рассматривать как регенерированно-гидротермальные образования, в понимании Г. Шнейдерхена (1957, 1958).

Отметим, что регенерированное гидротермальное оруденение является неотъемлемой частью большинства метаморфизованных полиметаллических месторождений. Кварц-сульфидные и кварц-карбонат-сульфидные прожилковые образования со сложной набором сульфосоед и проявлением благороднометалльной минерализации характерны для ряда колчеданно-полиметаллических месторождений Змеиногорско-Зырянского рудного района Рудноалтайской колчеданной провинции (Крейтер, Кузнецов, 1983), Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Ручкин и др., 1975), месторождений «Блейквассли», Сев. Норвегия (Vokes, 1966), «Брокен-Хилл», Австралия (Lawrence, 1973) и ряда других.

Геологическим репером, разделяющим ранний и поздний этапы формирования рудной минерализации, являются дайки метапорфиритов. Они не содержат галенит-сфалеритовую минерализацию, но отчетливо рассекаются золотоносными прожилками сульфидного и кварц-сульфидного составов. По результатам $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ изотопно-геохронологических исследований возраст даек метапорфиритов оценивается в 125 млн. лет (Сорокин и др., 2014). Эту возрастную датировку можно принять в качестве нижней возрастной границы процессов метаморфизма полиметаллических руд и формирования золотой минерализации. На раннемеловой возраст вмещающих золото-полиметаллическое оруденение метасоматитов указывают данные определения изотопного возраста руд $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом (Мельников и др., 2009). Они составляют для гранат-кварц-мусковит-серицит-калишпатовых метасоматитов $129.7 \pm 3.2 - 127.3 \pm 4.4$ млн. лет, а для мусковит-кварц-серицитовых метасоматитов – $132 \pm 2.9 - 131.3 \pm 2.3$ млн. лет. Возраст пострудных даек спессартинов, секущих рудное тело месторождения, по данным K-Ar определений, составляет 107 ± 4 млн. лет. Эта датировка является верхней возрастной границей проявления золотой минерализации Березитового месторождения.

Таким образом, месторождение «Березитовое» Приамурской провинции представляет собой редкий и уникальный тип рудных объектов сложной флюидно-эксплозивно-гидротермальной природы с полиформационным и полигенным золото-полиметаллическим оруденением. Своеобразие формирования месторождения определяется совмещением золотой минерализации с процессами высокотемпературного

преобразования полиметаллических руд, связанных с позднемезозойским орогенным гранитоидным магматизмом.

Исследования по изучению Березитового месторождения выполнены при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 15-05-00809 и № 16-05-0028), а также грантов ДВО № 15-1-2-003о, № 15-1-2-072 и № 15-1-2-077.

Месторождение эксплуатируется карьерным способом. Добыча золота (кг): 2007 г. – 25.3, 2008 г. – 1387, 2009 г. – 2732, 2010 г. – 2078, 2011 г. – 3266, 2012 г. – 3565, 2013 г. – 3655, 2014 г. – 3995, 2015 г. – 3596.

Месторождение «**Чагоянское**» расположено на левобережье р. Зеи, в пределах Чагоян-Джурканского рудного поля Чагоянского золотоносного узла (Мельников, Степанов, 2013). Поисково-оценочными работами вначале было выявлено полиметаллическое оруденение (Ю.А.Софронов и др., 1960; А.М. Винтер и др., 1962; Г.Т.Дятел, 1964; Р.А. Антипина и др., 1970; Г.В. Чупраков и др., 1968; А.В. Ложников и др., 1985; С.В. Соколов и др., 2000). Затем в 2004-2007 гг. была проведена оценка золотоносности месторождения с подсчетом запасов не только свинца и цинка, но и благородных металлов (Е.В. Дмитренко и др., 2007, 2009).

Рудное поле приурочено к Чагоянскому останцу кровли, сложенному палеозойскими терригенно-карбонатными образованиями, среди мезозойских и палеозойских гранитоидов Мамынского выступа Амурского геоблока. В пределах рудного поля широко распространены штоки и дайки диоритов, кварцевых диоритов, диорит-порфиров, диоритовых порфиритов мелового возраста. Породы во многих случаях окварцованы, турмалинизированы, серицитизированы и сульфидизированы.

В пределах месторождения рудовмещающими служат терригенно-карбонатные породы раннего палеозоя (рис. 7.11, 7.12).

Кембрийская карбонатная толща сложена светлыми и темными известняками и доломитами, среди которых встречаются пласты и линзы кремней, алевролитов и известковистых песчаников.

Силурийская терригенная толща сложена мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками с глинисто-серицитовым цементом, а также пластами известковистых песчаников. Те и другие интенсивно окварцованы, доломитизированы и карбонатизированы. Продуктивной является пачка аркозовых песчаников, подстилающая доломитизированные известняки. В ней выделяются три пластовые рудоносные залежи, параллельные контактам продуктивной пачки. Залежи вытянуты в северо-западном направлении, с пологим (20-40°) падением на юго-запад. Общая протяженность залежей 1400 м, ширина по падению – 800 м, мощность – 10-50 м.

На месторождении развита кора выветривания палеогенового возраста мощностью 2.5-47 м. Она представлена тремя зонами: верхняя глинистая, средняя – щебнисто-глинистая и нижняя – щебнистая с подчиненной долей глинистых минералов и обломками оруденелых пород. Пестрые глины верхней зоны, развитые в виде провалов, линз и карманов в приповерхностной части коры выветривания, имеют преимущественно каолиновый (50-60%) состав с примесью смешанослойных минералов (до 10-20%) и монтмориллонита (от 10-20% до 40%). Наблюдаются реликтовые структуры исходных пород. Структурные глины каолинит-гидрослюдистого и гидрослюдисто-каолинового состава средней части разреза содержат примесь монтмориллонита и кремнисто-гетитовые прожилки. Количество каолинита – от 10-15 до 25-40%, гидрослюд – 20-50%. Обломочный материал представлен лимонитизированными песчаниками и алевролитами, выщелоченными доломитизированными известняками и кварцитоподобными породами. Слабо каолинизированные щебнисто-гидрослюдистые образования нижней зоны имеют хорошо сохранившуюся структуру исходных пород.

В них содержится значительная доля гидрогетитовых и гидрогематитовых скопленений, часты обломки, линзовидные обособления и пропластки известняков, песчаников, кремней и сланцев, обильны гидроксиды марганца.

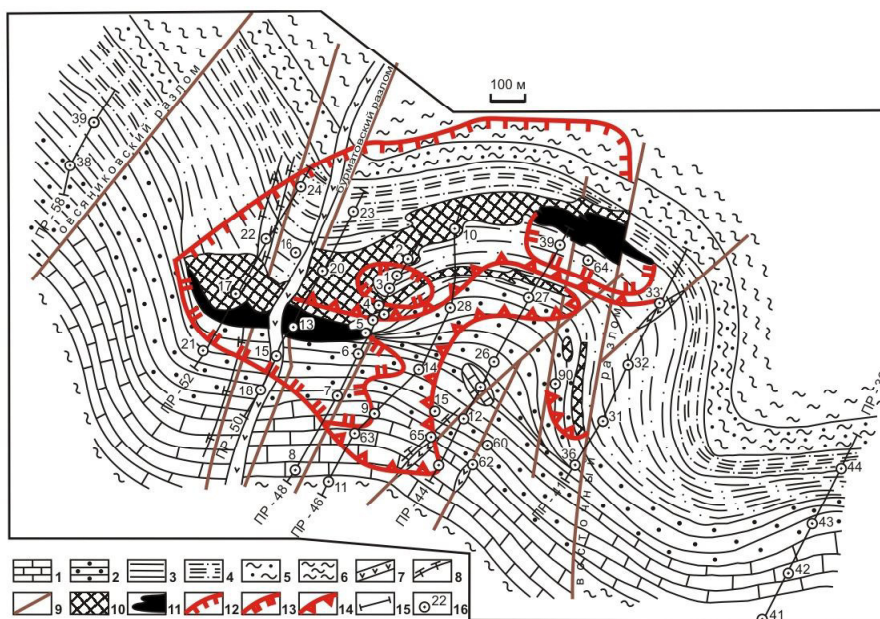


Рис. 7.11. Чагойанское золото-полиметаллическое месторождение (Е.В. Дмитренко, 2009):

1 – доломиты и доломитизированные известняки; 2 – песчаники крупно-среднезернистые (продуктивная пачка); 3 – песчаники мелко-среднезернистые; 4 – песчаники мелко-среднезернистые с прослоями тонкозернистых серицитовых песчаников и серицитовых сланцев; 5 – тонкозернистые серицитовые песчаники, серицитовые сланцы с прослоями мелко-среднезернистых песчаников; 6 – черные кварцево-сланцевые углистые сланцы; 7 – дайки роговообманковых порфириров, кварцевых диоритовых порфириров; 8 – кварц-турмалиновые жилы с зонами окварцевания; 9 – тектонические нарушения (разломы, зоны тектонитов, дробления); 10 – рудные сульфидные тела с содержанием Pb и Zn в сумме > 0.5%, Au – 0.3-1.0 г/т, Ag – 1.0-3.0 г/т; 11 – рудные сульфидные тела с содержанием Pb и Zn в сумме > 2.0%, Au > 1.0 г/т, Ag > 3.0 г/т; 12 – граница распространения эродированных первичных сульфидных руд; 13 – проекции рудных тел на горизонтальную плоскость с содержанием Pb и Zn в сумме > 2.0%, Au > 1.0 г/т, Ag > 3.0 г/т; 14 – проекции рудных тел на горизонтальную плоскость с содержанием Pb и Zn в сумме > 0.5%, Au – 0.3-1.0 г/т, Ag – 1.0-3.0 г/т; 15 – профили буровых скважин и их номера; 16 – буровые скважины и их номера.

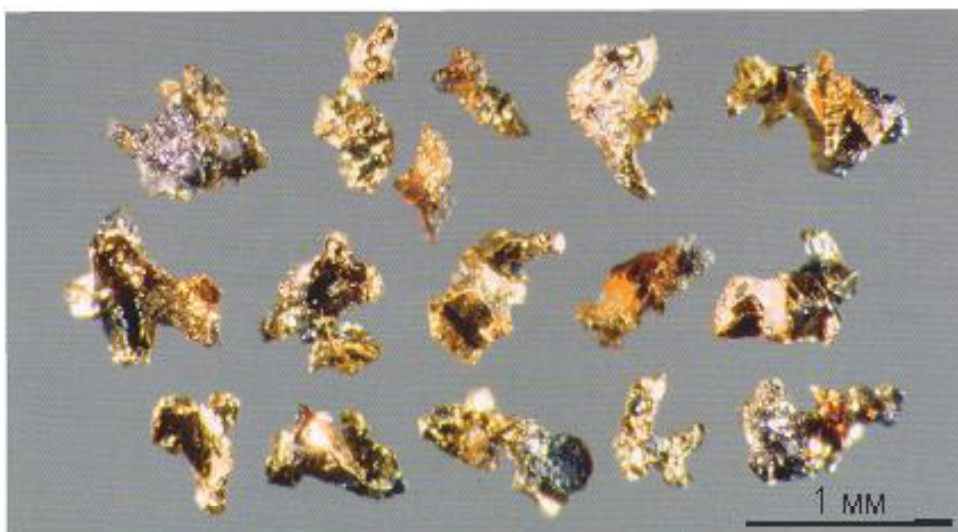


Рис. 7.12. Сrostки самородного золота с галенитом, окисленным пиритом и кварцем.

Золото-полиметаллические руды – преимущественно вкрапленные, прожилково-вкрапленные, реже массивные и штокверковые. Контуры рудных тел нечеткие и выделяются лишь по результатам анализов. В рудах широко распространены пирит, пирротин, сфалерит, галенит и халькопирит, реже встречаются арсенопирит, блеклая руда, киноварь, антимонит и самородное золото. Количество сульфидов достигает 15%. Из нерудных минералов преобладают кварц, кальцит, турмалин, мусковит, серицит и хлорит. Кроме того, встречаются гранат, пироксен, эпидот, серпентин. Установлена преимущественная концентрация галенита в верхних частях рудных тел, а сфалерита, халькопирита и пирротина – в нижних.

Содержание в первичных рудах Pb составляет 1.09-2.52% (среднее 2%), Zn – 0.37-3.4% (среднее 1.97%), Ag - 20-3000 г/т (среднее 50 г/т), Cd – 0.05-1%, Au – до 23.4 г/т (среднее 1.75 г/т).

Самородное золото первичных руд – тонкое и мелкое, размером до 0.1 мм. Оно распределено в ранних сульфидах, локализовано на участках замещения пирита и пирротина арсенопиритом, входит в состав кварц-карбонат-серицит-турмалиновых жилков. Золото также образует частые скопления на стыке крупных гнезд ранних сульфидов с поздними прожилками. Преобладающие формы золота – мелкие и пылевидные знаки комковидной и ячеистой формы, округлые изометричные зерна и кристаллы пентагондодекаэдрической, кубической и октаэдрической огранки. Отмечаются многочисленные сростки Au с кварцем, пиритом и галенитом (рис. 7.12).

Цвет первичного золота ярко-желтый, с красноватым и розоватым оттенком, проба высокая (900-950‰). В краевых частях золотин встречаются каймы с содержанием золота 75-80%, Ag – до 25%, Hg – до 0.2%.

Фазовый состав Au в рудах: тонкодисперсное в турмалине – 50%, в сростках с сульфидами и нерудными минералами – 30%; тонкодисперсное в пирите и пирротине – 9%, то же в пирротине – 5%; свободное Au – 5%.

Бедные окисленные руды, с содержанием в среднем золота 0.7 г/т, цинка – 1.75%, свинца – 0.95%, серебра – 20 г/т, состоят из гидрослюды и кварца. Порода часто дезинтегрирована до сыпучих, землистых масс от охристо-желтого до темно-бурого и черного цвета. Нередко руда имеет брекчиевидный облик с обломками (6-20 мм) обохренных окварцованных пористых пород – слюдисто-кварцевых метасоматитов по песчаникам и алевролитам. Иногда отмечаются натечные формы гетита. Рудные минералы (пирит, галенит, сфалерит, пирротин, арсенопирит) замещены вторичными минералами и иногда сохраняются в виде реликтов в железисто-глинистой церуссит-лимонитовой массе, нередко цементирующей обломки окисленных руд. Гидроксиды железа придают породам охристо-бурю, желтую, темно-бурю окраску, а вторичные минералы марганца – черную, образуя налеты, колломорфные формы, сажистые массы.

Богатые окисленные руды содержат: золота – 2.75 г/т, серебра – 70 г/т, цинка – 2.5%, свинца – 1.75%. Основная масса руд состоит из разнозернистого кварцевого агрегата и тонкочешуйчатой гидрослюды. Размеры зерен кварца – от 0.02 до 0.2 мм, имеются аморфные скрытокристаллические выделения кремнезема совместно с гидроокислами железа. Текстура руд неоднородная, в основном кавернозная, участками пятнистая, неясно-полосчатая. Гидроксиды железа развиваются по трещинам, выполняют поры, образуют землистые выделения. Реже отмечаются гидроксиды марганца черного цвета в виде стекловатых корочек и сажистых масс.

Самородное Au в окисленных рудах встречается в трех формах: самородной, тонкодисперсной в продуктах окисления сульфидов, сорбированных глинистыми частицами. Преобладает пылевидное (до 50 мкм), очень мелкое (до 0.1 мм) и мелкое (0.1-0.5 мм) золото. Основная его масса содержится в классе крупности 0.1-0.25 мм. Проба высокая (950-999‰). Для золота характерны идиоморфные и интерстициальные зерна, кристаллы и их сростки. Преобладают октаэдры Au с ровной и гладкой поверхностью. Отмечаются корродированные пластинки Au с гексагональным поперечным сечением. Встречаются частицы очень мелкого Au в виде лепешек, палочек, волосков, проволочек

и амебообразных выделений. Широко распространены дендритовидные обособления изометричных и удлиненных корродированных кристаллов Au размером до 0.3x0.5 мм. Значительная часть Au покрыта пленками гидроксидов Fe и Mn.

Фазовый состав Au: в сростках с сульфидами и породой – 73%, свободное – 11%, тонкодисперсное в нерудных минералах – 9%, в пленке кислоторастворимых минералов – 5%, тонкое в окисленных галените и сфалерите – 2%.

Подсчитанные запасы категории C₂: первичные сульфидные руды – при бортовом содержании суммы Zn и Pb 2% составляют около 36 тыс. т Pb, при среднем его содержании 0.44%; 188.1 тыс. т Zn, при среднем содержании 2.29%; Au – 1177 кг, при среднем содержании 1.75 г/т; Ag – 10055 кг, при среднем содержании 10.2 г/т. В окисленных рудах при бортовом содержании суммы Pb и Zn 2% содержится: 77.1 тыс. т Pb, при среднем содержании 1.35%; 146.5 тыс. т Zn, при среднем содержании 2.58%; Au – 1437 кг, при среднем содержании 2.5 г/т; Ag – 15200 кг, при среднем содержании 17 г/т. Запасы руды составляют: первичные сульфидные руды – 8.24 млн. т, окисленные – 5.68 млн. т.

Месторождение «Моготинское» расположено в восточной части Лапринского рудно-россыпного узла Северо-Становой металлогенической зоны, на левобережье верховьев р. Могот (Мельников, Степанов, 2015). Вмещающие породы – амфиболовые и биотит-амфиболовые гнейсы курульгинской и становой серии раннего докембрия. Они прорваны интрузивными телами раннемеловых гранитоидов, а также дайками лампрофиров и диоритовых порфиров ранне- и позднемелового возраста (рис. 7.13).

Месторождение приурочено к СЗ тектоническому контакту крупной интрузии гранитов тукурингского комплекса с гнейсами.

Оруденение локализовано в минерализованных зонах дробления северо-восточной субширотной ориентровки, сопровождаемых дайками мезозойского возраста.

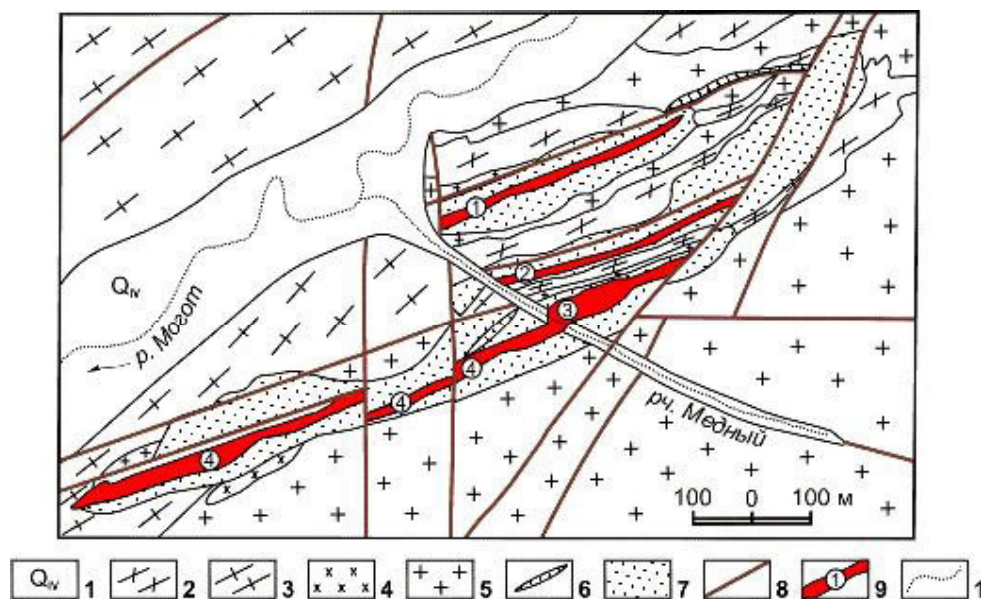


Рис. 7.13. Моготинское золото-серебро-полиметаллическое месторождение по (И.В. Бучко и др., 2014):

1 – кайнозойские рыхлые отложения; 2 – нижнедокембрийские метаморфические комплексы курульгинской серии; 3 – нижнедокембрийские метаморфические комплексы становой серии; 4 – нижнедокембрийские гранитоиды; 5 – нижнемеловые гранитоиды тукурингского комплекса; 6 – пострудные ниже- и верхнемеловые дайки лампрофиров, диоритовых порфиров; 7 – гидротермально-метасоматические образования; 8 – разломы; 9 – рудные тела и их номера; 10 – водотоки.

По результатам поисковых и разведочных работ в 2009-2012 гг. установлено, что основными рудоконтролирующими структурами месторождения являются разломы субширотного-северо-восточного простирания. Они сопровождаются зонами гидротермально-метасоматически измененных пород, представленных кремнекальциевыми метасоматитами, пропилитами, аргиллизитами, брекчиями с кварцевым и кварц-карбонатным цементом с участками метасоматического, тонкопрожилкового и жильного окварцевания, сульфидизации и лимонитизации (И.В. Бучко и др., 2013). На месторождении выделено четыре рудных тела.

Рудное тело № 1 расположено в северной части месторождения. Оно представлено метасоматической залежью в гранитоидах позднестанового комплекса, сложенной пиритом, галенитом, сфалеритом, магнетитом, баритом, кварцем, амфиболом, гранатом. Мощность ее 15.8 м. Содержание Ag достигает 1150 г/т, Au – 1.4 г/т, Pb – 1%, Zn – 0.5%, Cu – 0.3%, Mo – 0.01%.

Рудное тело № 2 расположено в центральной части месторождения. Оно тяготеет к зоне дробления и представлено метасоматической залежью мощностью 4.5-7.45 м среди пород курульгинской серии архея. Среди рудных минералов преобладают пирит, галенит, сфалерит и магнетит, среди нерудных – барит, кварц, амфибол и гранат. Содержания Ag достигают 560 г/т, Pb – 0.1%, Zn – 0.07%.

Рудное тело № 3 мощностью 35.2 м расположено в юго-восточной части месторождения, в зоне дробления по гранитоидам позднестанового комплекса. Рудное тело типа метасоматической залежи сложено пиритом, галенитом, сфалеритом, магнетитом, баритом, кварцем, амфиболом и гранатом. Содержания рудных элементов: Ag – до 1500 г/т, Pb – до 0.15%, Zn – до 0.3%, Cu – до 0.02%.

Рудное тело № 4 расположено в юго-западной части месторождения и приурочено к зоне дробления по гранитоидам позднестанового комплекса. Мощность метасоматической залежи – 13.9 м. Рудные минералы представлены пиритом, галенитом, сфалеритом, висмутином и аргентитом. Содержания рудных компонентов составляют: Ag – до 5250 г/т, Au – до 0.4 г/т, Pb – до 2%, Zn – до 0.08%, Cu – до 0.5%, Mo – до 0.06%. Общее количество сульфидов в рудах – 2-3%.

Изотопный возраст оруденения, определенный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом, составляет 127-125 млн. лет, что позволяет предполагать его связь со становлением интрузий тындинско-бакаранского комплекса (Бучко и др., 2014). До начала разведочных работ ресурсный потенциал месторождения оценивался в 7 т Au и 1500 т Ag по категории P₂. На 01.01.2013 г. запасы Au по категории C₂ составляют 45 т (И.В. Бучко и др., 2013).

* * *

Месторождения золото-полиметаллической формации являются редкими и не типичны для Приамурской провинции. Запасы золота в них отвечают среднему (Березитовое) и мелким (Чагоянское и Моготинское) месторождениям. Для месторождений характерны локализация оруденения в зонах метасоматитов, наличие существенных количеств сульфидов полиметаллов, главным образом свинца и цинка, связь оруденения с интрузиями и дайками раннемелового возраста. На поиски месторождений подобного типа наиболее перспективна юго-восточная часть Приамурской провинции (Чагоян-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская металлогенические зоны), в пределах которой имеются слабо изученные золото-полиметаллические рудопроявления.

Глава 8. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-МЕДНО-МОЛИБДЕН-ПОРФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ

Месторождения этой формации привлекают внимание исследователей в связи со значительными запасами попутно добываемого, наряду с медью и молибденом, золота, хотя содержания последнего обычно невелики. В Приамурской провинции к этой формации отнесены два крупных по запасам золота месторождения – «Икан» и «Восточное Двойное».

Месторождение «Икан» («Боргуликан») входит в состав Улунгинского рудно-россыпного узла Гонжинского рудного района Северобуреинской металлогенической зоны Приамурской провинции. Оно приурочено к СЗ части Нижнеурканского вулканического поля, на сочленении его с Боргуликанским массивом гранитоидов буриндинского комплекса. В гравитационном поле месторождение приурочено к градиенту крупного максимума (на севере), связанного с базитами пиканского комплекса. Месторождение изучалось В.И. Суховым (1976), Н.Г. Коробушкиным (1988), Н.В. Котовым и др. (1993, 1994), Н.И. Бараковым (1995), А.Н. Гагаевым (1996), М.М. Гирфановым и др. (2001), В.С. Дмитренко (2001), Ю.В. Кошковым (2005), А.Е. Пересторониным (2009) и другими исследователями (Пересторонин, 2016). Вмещающие оруденение стратифицированные образования представлены субгоризонтально залегающими дацитами и трахиандезитами талданской свиты (рис. 8.1) нижнего мела. Иногда они встречаются в провесах кровли более молодых интрузий либо в виде ксенолитов в них.

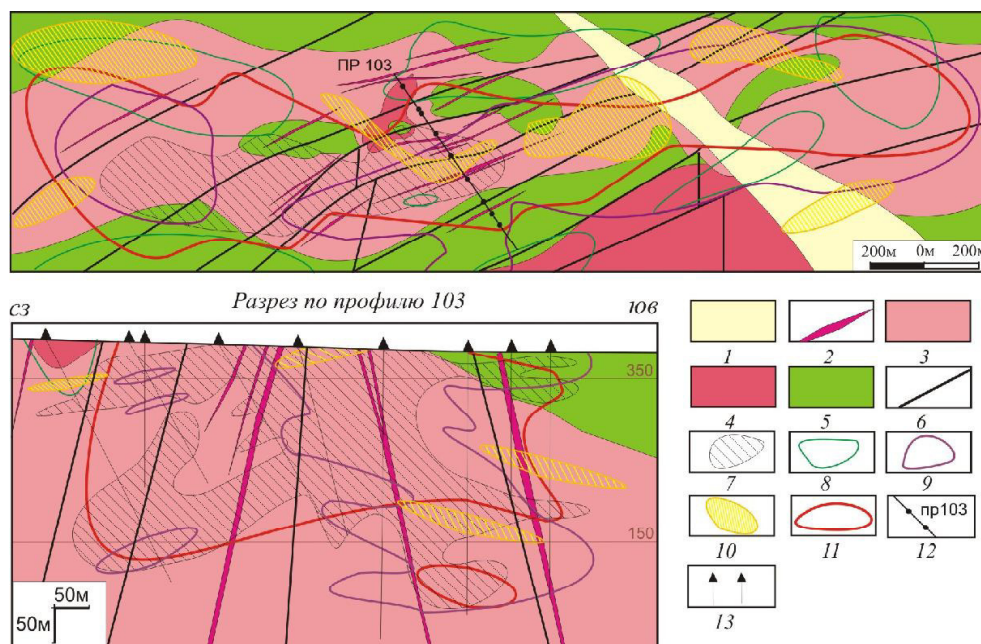


Рис. 8.1. Схематическая геологическая карта и разрез месторождения «Икан» (А.Е. Пересторонин, 2016):

1 – аллювиальные отложения; 2 – дайки диорит-порфиритов амуро-станового комплекса малых интрузий пестрого состава (K_1); 3-4 – буриндинский комплекс монцонит-гранодиоритовый (K_2): 3 – вторая фаза, 4 – первая фаза; 5 – талданская свита: дациты, андезидациты, андезиты (K_3); 6 – разрывные нарушения; 7-10 – гидротермально-метасоматические изменения: 7 – фельдшпатолитовые, 8 – пропилитовые, 9 – филлизитовые, 10 – аргиллизация; 11 – проекция рудного штокверка на горизонтальную (план) и вертикальную (разрез) плоскости; 12 – линия разреза; 13 – скважины на разрезе.

Интрузивные породы принадлежат рудоносному буриндинскому интрузивному комплексу нижнего мела, в составе которого отмечаются гранодиорит-порфиры второй фазы и кварцевые диорит-порфириты, монцодиорит-порфириты первой фазы. Северо-

западнее рудного поля обнажен Боргуликанский интрузивный массив того же комплекса. Кровля массива, прорывающего вулканиты талданской свиты, полого погружается на юго-восток. Поверхность ее неоднородна, с многочисленными апофизами. Подобные апофизы обнажаются на Боргуликанском рудном поле, образуя цепочку тел, вытянутых в СВ (до широтного) направлении. Среди них выделяется Иканская интрузия субширотного простирания размером 300-700x4000 м. К ней приурочен рудный штокверк Иканского месторождения. Интрузия лакколитообразной формы вместе с вмещающими вулканитами образует линейную Иканскую интрузивно-купольную структуру. На месторождении часто встречаются пострудные дайки диоритовых порфиров, кварцевых диоритовых порфиров, андезитов Амуро-Станового комплекса.

Основными элементами структуры Боргуликанского рудного поля и месторождения «Икан» являются: «порфиновые» интрузивы 2-й фазы буриндинского комплекса, к которым приурочены золото-медно-молибден-порфиновые руды; зоны катаклаза, трещиноватости, как благоприятная среда для сульфидно-прожилковой минерализации; участки сочленения разрывных нарушений СВ и меридионального направлений.

Боргуликанское рудное поле вытянуто в СВ направлении на 12 км, при ширине 1-2 км. Оно совпадает с серией субпараллельных разрывных нарушений того же простирания, вдоль которых в вулканиты талданской свиты внедрилась цепочка порфировых интрузий буриндинского комплекса. Интрузии в плане имеют разнообразную конфигурацию – от субизометричных до линейных. К ним и приурочены три золото-медно-молибден-порфиновые рудные зоны – Иканская, Боргуликанская и Арбинская.

Месторождение «Икан» приурочено к Иканской рудной зоне, совпадающей с широтно ориентированной интрузией гранодиорит-порфиров буриндинского комплекса. Ориентировка и залегание рудного штокверка конформны контактам интрузии, хотя оруденение проникает и во вмещающие вулканиты. Рудное тело повторяет контуры лакколитообразной Иканской интрузии, а во внутренней (осевой) части интрузии находится наиболее продуктивное оруденение.

Слабопродуктивные Боргуликанская и Арбинская рудные зоны расположены юго-западнее Иканского месторождения. Они также приурочены к интрузиям гранодиорит-порфиров, но имеющих значительно меньшие размеры и субизометричную в плане форму.

Гидротермально-метасоматические изменения и оруденение образуют серию последовательно наложенных минеральных парагенезисов, типичных для медно-порфировых месторождений. Наиболее интенсивная переработка пород характерна для центральных частей рудных зон. Околорудные изменения сведены к следующим главным типам (от ранних к поздним):

фельдшпатолитовому с кварц-(магнетит)-биотит-калишпатовой ассоциацией;
пропилитовому с альбит-(карбонат)-эпидот-(актинолит)-хлоритовой ассоциацией;
березитовому с кварц-(хлорит)-(турмалин)-(гидросерицит)-серицитовой ассоциацией;

аргиллизитовому с кварц-(каолинит-монтмориллонит)-гидрохлоритовой ассоциацией.

Фельдшпатолитовые изменения проявлены, главным образом, по породам порфировых интрузий и занимают центральные части метасоматических зон (рис. 8.2). Данный тип изменений выражен в калишпатизации с более поздней магнетит-биотитовой минерализацией. В зонах фельдшпатолитов отмечается наиболее продуктивное золото-медное оруденение, содержания молибдена обычно низкие (0.000n %).

Пропилиты характерны для периферии метасоматических зон и отмечаются на глубоких горизонтах месторождения. Чаще всего пропилитизация развита по вулканитам талданской свиты. Пропилиты могут содержать убогое оруденение.

Наиболее широко проявлены березиты. В зонах березитизации локализуются преимущественно молибден-золото-медные руды. Содержания молибдена обычно повышены относительно оруденения в фельдшпатолитах (до 0.00n-0.015%). Аргиллизиты могут быть наложены на все типы метасоматитов.

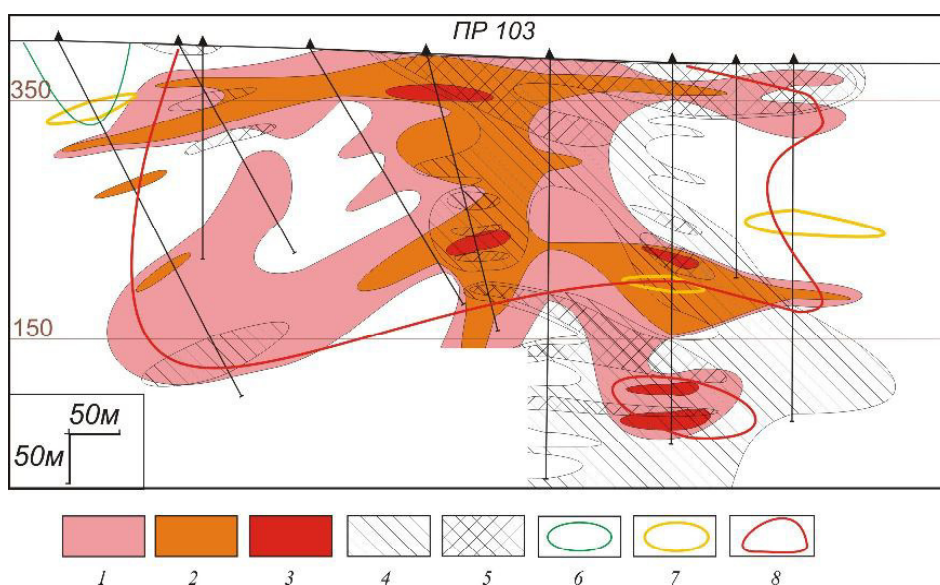


Рис. 8.2. Схематический разрез гидротермально-метасоматических изменений месторождения «Икан» (А.Е. Пересторонин, 2016):

1-3 – фельдшпатолиновые изменения: 1 – слабые ($K = 2,8-2,99\%$), 2 – средней интенсивности ($K=3,0-3,49\%$), 3 – интенсивные ($K = 3,5-5,0\%$); 4-5 – кварц-серицитовые и кварц-серицит-гидрослюдистые изменения (филлизитовые): 4 – слабые ($Na = 1,49-1,0$), 5 – средней интенсивности до интенсивных ($Na = 0,99-0,1\%$); 6 – пропилитизация; 7 – аргиллизация; 8 – контур рудного штокверка.

Широко проявлена прожилковая минерализация. Многочисленные зоны прожилкового и прожилково-сетчатого окварцевания сопряжены с фельдшпатолитами и березитами. Мощности кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков – от 0,1 до 20 мм. Кварц нескольких генераций, с вкраплениями тонко и мелкозернистых сульфидов, преимущественно пирита, реже халькопирита и молибденита. Пострудные прожилки представлены кальцитом, гипсом, ангидритом. Прожилки гипса и ангидрита характерны для нижних горизонтов месторождения.

Наиболее продуктивное оруденение локализуется в зонах максимального метасоматоза и телескопирования различных типов изменений с преимущественным развитием фельдшпатолитов, березитов и сульфидно-кварц-прожилковой минерализации. Для месторождения «Икан» устанавливается следующая метасоматическая зональность от центральных зон к внешним: фельдшпатолиты → березиты → пропилиты. Аргиллизиты могут проявляться во всех метасоматических зонах либо развиваться вне связи с ними.

По бортовому содержанию условной меди 0,2% выделяется единое рудное тело (рудный штокверк), вытянутое в широтном направлении. В плане размер тела составляет 150-600x3200 м. Для него характерны раздувы и пережимы. Рудный штокверк приурочен к обширному ореолу фельдшпатолитов – березитов. В поперечном разрезе контур его имеет плитовидную форму со слабым погружением краевых частей в северном и южном направлениях. Отмечаются два участка увеличения продуктивности оруденения – западный и восточный. Оруденение западного участка приурочено к фельдшпатолитам, руды золото-медные или медно-золотые. Восточный участок приурочен к березитам, здесь преобладают молибден-золото-медные руды. Внешние границы рудного штокверка обрамляются ореолом вкрапленности пирита, не несущим полезной минерализации.

Поперечная рудная зональность Иканского месторождения проявлена в постепенной смене от контактов порфирового интрузива к его центру максимумов концентраций рудных компонентов в последовательности $Mo - (Cu-Mo-Au) - (Cu-Au)$. По бортовому содержанию условной меди 0,2% мощности рудных сечений составляют от 15 до 405 м.

Содержания меди по сечениям от 0.15 до 0.42 %, молибдена – 0.003-0.015 %, золота – 0.15-0.6 г/т (до 1.2 г/т), серебра – 0.5-2.5 г/т.

Зона окисления проявлена слабо, глубина ее 4-15 м, в среднем – 10 м.

Основными компонентами первичных руд являются кварц, полевые шпаты и комплекс глинисто-слюдистых минералов. Руды западной части месторождения отличаются от руд восточной большим количеством калиевого полевого шпата и меньшим – глинисто-слюдистых минералов. Руды малосульфидные, главный рудный минерал – пирит. Прочие сульфиды (халькопирит, молибденит, блеклая руда, борнит, галенит, сфалерит) встречаются в незначительных количествах. Редко отмечаются клаусталит, пирротин, айкинит, эмплектит и самородная медь. Основным минералом-носителем меди является халькопирит, в меньшей степени – блеклая руда, борнит.

Выделения сульфидов имеют размеры от первых микрон до 1 мм, в среднем 10 мкм – 0.3 мм. Содержания сульфидов в фельдшпатолитах и березитах 1-3%. В прожилках обычно повышены содержания пирита (3-10%).

Выделены этапы, стадии, подстадии рудообразования и соответствующие им минеральные ассоциации (рис. 8.3).

Этапы	ДОРУДНЫЙ				РУДНЫЙ			ПОСТРУДНЫЙ	ГИПЕРГЕННЫЙ
	Стадии	Фельдшпатолитовая		Пропилитовая		Золото-медно-порфировая	Молибден-порфировая		
Подстадии	Кварц-каглишатовая	Магнетит-биотитовая	Кварц-альбит-эпидот-хлоритовая	Пиритовая	Кварц-золото-серебро-халькопиритовая	Кварц-молибденитовая	Кварц-полисульфидная	Карбонатных и сульфатных прожилков	ОКИСЛЕНИЯ
Минералы									
Кварц	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Калиевый полевой шпат	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Биотит, флогопит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Серицит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Хлорит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Эпидот	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Альбит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Амфибол	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Карбонаты	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Гипс, ангидрит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Турмалин	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Флюорит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Гидрослюда	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Монтмориллонит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Золото	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Серебро	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Пирит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Арсенопирит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Халькопирит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Молибденит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Галенит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Клаусталит (PbSe)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Сфалерит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Пирротин	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Айкинит (PdCuBiS ₃)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Блеклые руды	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Марказит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Кубанит (CuFe ₂ S ₃)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Борнит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Халькозин	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Ковеллин	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Магнетит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Арсенопирит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Эмплектит (CuBiS ₂)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Лимонит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Окислы Mn	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Азурит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Малахит	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Рис.8.3. Схема минералообразования месторождения «Икан».

Рудный этап включает три стадии: золото-меднопорфировую, молибден-порфировую и мышьяк-сурьма-полиметалльную. Этап генетически связан со становлением Иканской интрузии. Ему предшествовали фельдшпатолитовые и пропилитовые изменения, а также объемная пиритизация пород. Наиболее продуктивной стадией, во время которой происходило отложение основной массы золото-медного оруденения, является золото-меднопорфировая. Позднее на фоне интенсивного кварц-серицитового метасоматоза происходило отложение молибденита. Основное золото-медное оруденение отлагалось в зоне фельдшпатолитов, очевидно, фиксирующей собой главный канал поступления рудоносных растворов, а также служащей благоприятной средой для оруденения.

Золото в руде находится количестве 0.15-0.8 г/т, в среднем 0.3 г/т. Оно присутствует в свободном виде, в сульфиды, в прожилках серого кварца, в сростках. Размеры золотин

преимущественно 1-5 мкм. Содержания золота в монофракциях сульфидов от 8 до 100 г/т. Размеры встреченного в протолочках свободного золота – 0.05-0.15 мм. Зерна его имеют уплощенную, лепешковидную, комковидную формы. Максимальный размер золота, обнаруженного в аншлифах – 20 мкм, есть зерна размером <2 мкм, образующие включения в пирите (рис.8.4).



Рис.8.4. Месторождение «Икан». Слева – интенсивно фельдшпатизированный гранодиорит-порфир с прожилково-сетчатым окварцеванием (содержание меди 0.66%, золота 1.04 г/т), справа – включение золота в пирите.

Рациональный анализ проб руды на золото выполнен на материале крупностью 95% класса -0.071 мм. Руды характеризуются невысокой долей свободного золота – 10-30%. Доля дисперсного золота, вкрапленного в сульфиды, также невелика (3.6-13.4%). Доля не извлекаемого золота в кварце составляет 9.5-28.5%. Преимущественно золото образует сростки с минералами (28-72%), т.е. чаще находится в извлекаемой форме, что подтверждают показатели цианирования (51-71%). Проба золота составляет 700-850‰.

Технологические исследования показали, что извлечение золота из руд месторождения «Икан» гравитацией неэффективно. Уровень извлечения низкий – 7-11%. Причиной является тонкая вкрапленность золота в сульфиды и породообразующие минералы.

Опыты по флотации были направлены на получение товарного медного концентрата, с попутным извлечением золота, молибдена и серебра. В результате флотации получен коллективный Mo-Ag-Au-Cu концентрат, пригодный для переработки на металлургических заводах с выделением медного золото-серебросодержащего и молибденового концентратов. Планируемое извлечение золота в концентрат при флотации составит 55-65%, меди – 83-88%. Промышленно ценными компонентами руд (по доле их стоимости) являются Cu (основной) и Au (попутный). Mo и Ag существенной роли в экономике месторождения не играют.

Геохимический тип руд – Cu-Au-(Mo)-(Ag). Первичные ореолы образуют эти же элементы (рис.8.5).

Выделены следующие геохимические ассоциации элементов с отчетливыми корреляционными связями: Cu-Au-Ag – главная рудная ассоциация; Mo – второстепенная; As-Sb-(Pb-Zn) – третьестепенная. Mo отлагался в самостоятельную стадию с пространственным разрывом с главной рудной ассоциацией. Обобщенный ранжированный ряд месторождения «Икан» выглядит следующим образом: **Au-Cu-Sb-Ag-S-As-Mo-Bi**.

Месторождение «Икан» является золото-меднопорфировым молибден-серебросодержащим. Его можно рассматривать как типичную порфировую систему, включающую характерные для подобных систем признаки и элементы – наличие порфировой интрузии, прожилково-вкрапленный характер минерализации, геохимические особенности и типы руд, зональность гидротермально-метасоматических изменений. Основные элементы следующие: Боргуликанский массив, полого погружающийся в восточном направлении; линейно-купольная Иканская структура; крутопадающие тектонические нарушения и обусловленная ими нарушенность массива пород, послужившая благоприятной средой для рудоотложения; зональные гидротермально-метасоматические ореолы; собственно рудный штокверк с центральной, обогащенной медью и золотом частью, и обедненной ими краевой частью.

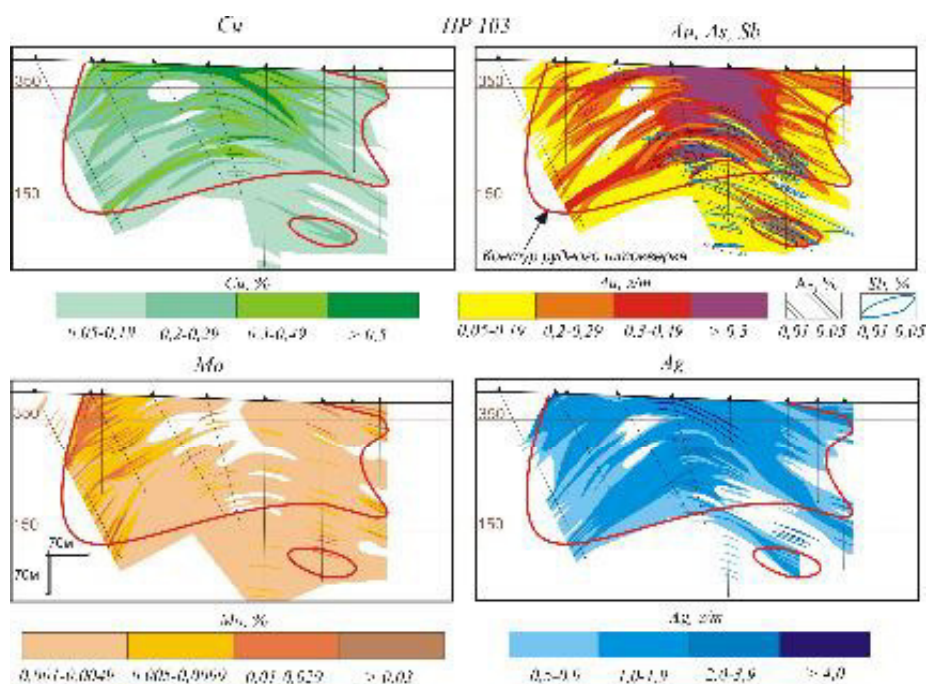


Рис. 8.5. Геохимические разрезы по одному из профилей месторождения «Икан».

Месторождение «**Восточное Двойное**» расположено в Умлеканском рудно-россыпном узле Северобуреинской металлогенической зоны, в бассейне руч. Двойного, правого притока р. Умлекан. Участок «Двойной» был выявлен в 1978 г. Умлеканской партией Зейской ГСЭ (нач. партии В.А. Степанов). Месторождение «Восточное Двойное» выявлено и оконтурено в 2008-2014 гг. работами ООО ГПК «Сахтахан» на наиболее изученном восточном фланге участка «Двойной».

Вмещающими породами служат тела диорит-порфиров буриндинского интрузивного комплекса, прорывающие андезиты, их лавобрекчии и туфы талданской свиты (рис. 8.6). Гидротермально-метасоматические изменения развиты по вулканитам и интрузиям. Они представлены фельдшпатизацией, пропилитизацией, березитизацией и аргиллизацией. Наиболее интенсивно проявлен кварц-серицитовый метасоматоз (березитизация), иногда с турмалином. Зоны метасоматитов, вмещающие рудные тела, залегают очень полого (0-30°) и прослежены на глубину до 500 м.

Месторождение представляет собой изометричный штокверк диаметром около 500 м. Золотоносными являются кварц-серицитовые метасоматиты. Зоны метасоматоза прослеживаются в субширотном направлении на расстоянии более 3 км, при ширине 1.2-2 км. Штокверковое золотое оруденение приурочено к небольшим телам диорит-порфиров буриндинского комплекса раннего мела. Всего выявлено пять пологонаклонных рудных тел размером 300x200 м, мощностью от 10 до 70 м, залегающих этажно друг над другом. Размеры рудных тел зависят от бортового содержания золота.

Вещественный состав руд примерно одинаков. Это пропилитизированные, неравномерно окварцованные и березитизированные диорит-порфиры, андезиты и дациандезиты или кварц-серицитовые метасоматиты по ним. На породы наложена интенсивная кварцевая и кварц-карбонат-прожилковая минерализация. Мощность прожилков 2-3 мм, гнездовых скоплений кварца и карбоната – до 1.5 см. Количество вкрапленных сульфидов меняется от 1 до 2-5%. Размер зерен сульфидов – 0.25-0.5 мм.

Текстуры руд преимущественно массивные до брекчиевидных за счет развития многочисленных сетчатых прожилков и гнездовых выделений кварц-карбонатного состава. Структура тонкозернистая до скрытокристаллической, а также порфиroidная.

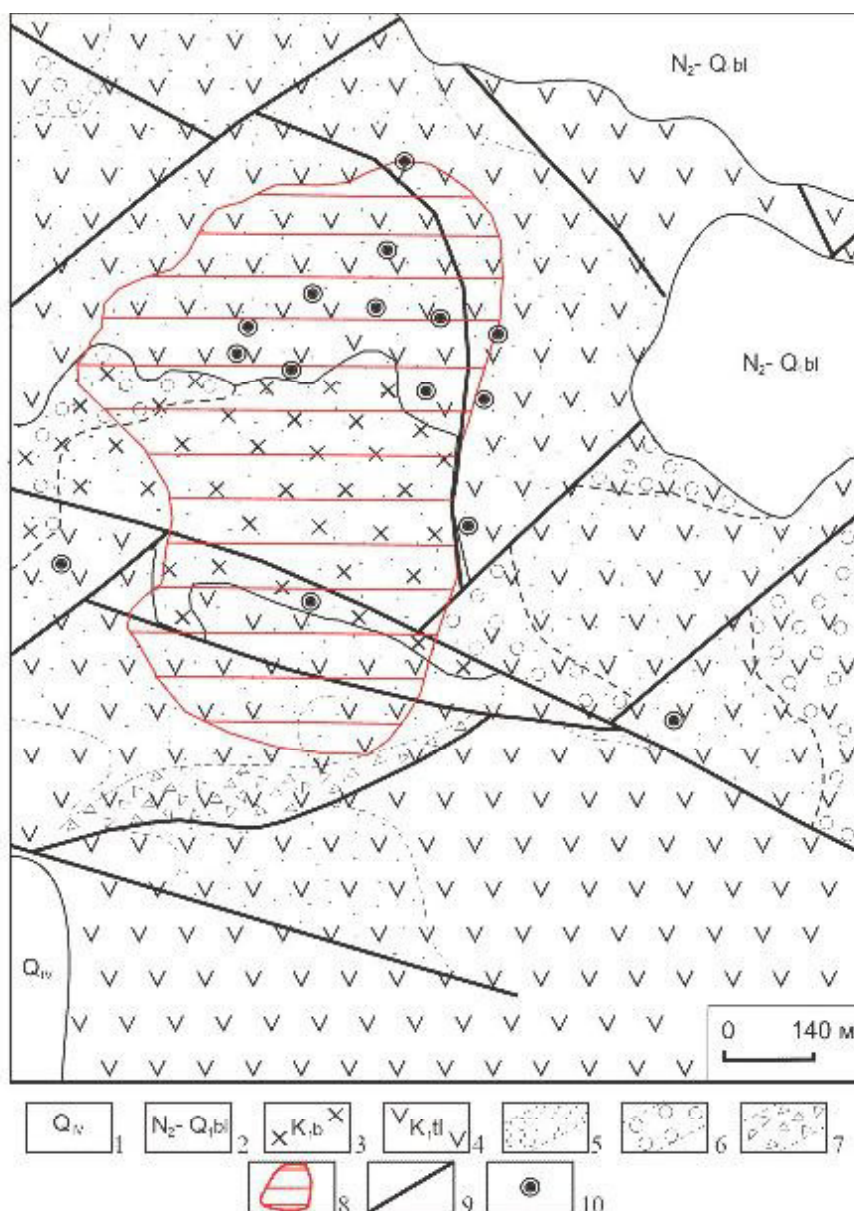


Рис. 8.6. Месторождение «Восточное Двойное»
(Д.Л. Вьюнов, А.Л. Яшнов, 2014):

1 – аллювиальные пески, глина, гравий; 2 – белогорская свита: пески с гравием и галькой; 3 – бурундинский комплекс: диорит-порфиры, гранодиорит-порфиры; 4 – талданский вулканический комплекс: андезиты, дациандезиты и их туфы; 5 – зоны интенсивных глинистых изменений; 6 – зоны окварцевания; 7 – зоны дробления; 8 – проекция минерализованной зоны на поверхность; 9 – разломы; 10 – скважины.

Руда сложена в основном кварцем, слюдисто-гидрослюдистыми минералами, плагиоклазами, хлоритами, биотитом, карбонатами (кальцит, доломит и анкерит) и пиритом. Количественный состав руд: кварц – 39.5%, полевые шпаты – 12%, слюдисто-гидрослюдистые минералы – 28%, карбонаты – 3.5%, биотит – 4%, хлорит – 9%, амфиболы, пироксены – 0.3%.

По данным минераграфических исследований, главными рудными минералами являются магнетит, пирит и гематит. Второстепенные минералы – халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, блеклая руда, борнит, халькозин, ильменит, пирротин и золото.

Золото находится в самородном виде и представлено тремя генерациями. Золото ранней (первой) генерации локализуется в краевых частях халькопиритовых зерен или агрегатов как в составе породы, так и в составе кварцевых прожилков (рис. 8.7). Как правило, золотишки имеют ровные контуры, округлые или эллипсовидные формы. Размеры зерен варьируют от 0.3x0.3 мкм до 19.5x22.3 мкм. Проба – 750-850‰.

Ко второй генерации отнесены зерна самородного золота, локализующиеся внутри пиритовых метазернх или в магнетите и замещающем его гематите (рис. 8.8).

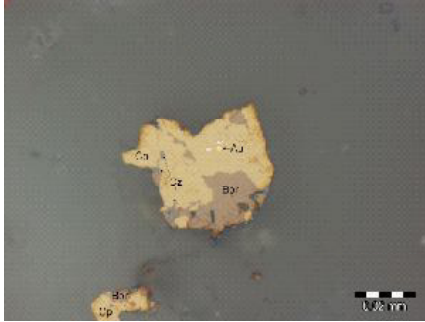


Рис. 8.7. Микрофотография полированного шлифа. Золото (Au) первой генерации в зерне халькопирита (Cp). Халькопирит находится в сростании с борнитом (Bo) и халькозином (Cz).

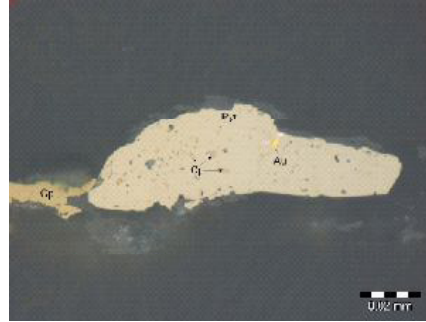


Рис. 8.8. Микрофотография полированного шлифа. Золото (Au) второй генерации и халькопирит (Cp) в пирите (Py).

Средние размеры зерен золота данной генерации составляют 16,7 мкм (из 59 зерен), при вариациях от 0.5x0.5 мкм до 14.0x14.9 мкм.

Третья генерация самородного золота (рис. 8.9), которая по составу принадлежит электруму или кюстелиту, связана с теллуридами серебра (гесситом) и галенитом и располагается в поздних карбонатных прожилках. Форма выделений самородного золота данной генерации неправильная, часто прожилковидная. Размеры золотинок мелкие, составляют интервал от 0.5x0.7 мкм до 1.6x5.3 мкм.

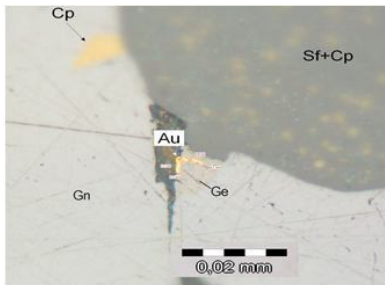


Рис. 8.9. Микрофотография полированного шлифа. Золото (Au) третьей генерации в зерне гессита (Ge), на границе зерен галенита (Gn) и сфалерита (Sf), который находится в сростании с халькопиритом (Cp).

Химический состав пробы руды месторождения (масс. %): SiO_2 – 76.3, Al_2O_3 – 9.5, TiO_2 – 0.68, CaO – 3.3, MnO – 0.092, K_2O – 2.8, P_2O_5 – 0.013, $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – 4.0, $\text{Fe}_{\text{окисл}}$ – 3.07, $\text{Fe}_{\text{сульф}}$ – 0.93, $\text{S}_{\text{общ}}$ – 1.02, $\text{S}_{\text{окисл}}$ – <0.2, $\text{S}_{\text{сульф}}$ – 1.02.

По результатам корреляционного анализа установлены три ассоциации химических элементов: Au-Cu-Mo – главная рудная ассоциация; Pb-Zn-Ag-Sb (As, S, Mn, Bi) – серебро-полиметаллическая и Co-Ni-Fe-Cr-V-Ti (Ba-Sr-P) – преимущественно сидерофильная. Пробирным анализом

установлено, что содержание Au в сульфидной фракции колеблется в пределах 13-15 г/т. Соотношение Cu/Mo = 7.5:1, Cu/Au = 9:1, Mo/Au = 1.2:1.

Среднее содержание Au для подсчета запасов категории C_2 по борту золота 0.5 г/т составляет 0.83 г/т, Ag – 0.63 г/т, Cu – 0.06%, Mo – 0.0086%. Внутри рудных тел отмечаются маломощные сечения с содержаниями Au более 1 г/т (до 10 г/т). Распределение Au относительно равномерное. Из цветных металлов по массе (0.071%) преобладает Cu. Доля Mo – 0.009%, Zn – 0.012%. Pb, As и Sb практически отсутствуют. Основная масса Fe (77%) находится в оксидной форме.

Запасы золота по категории C_2 составляют 96 т. По совокупным запасам и ресурсам золотого эквивалента месторождение отнесено к крупным (Д.Л. Вьюнов и др., 2014; Д.Л. Вьюнов, А.Л. Яшнов, 2015).

* * *

Месторождения золото-медно-молибден-порфировой формации являются крупными по запасам золота с бедными золотосодержащими рудами. Обеспеченность запасами меди, золота, молибдена и серебра составляет не менее 20 лет. Эксплуатация золото-медно-молибден-порфиновых руд потребует привлечения новейших, в том числе и нанотехнологий. Извлечение золота из руд «порфиновых» месторождений целесообразно лишь в комплексе с извлечением меди, молибдена, серебра. Эксплуатация порфиновых месторождений с золотом даст новый мощный толчок развитию горнорудной промышленности Приамурья.

Золото-медно-молибден-порфиновые и золото-порфиновые молибденсодержащие месторождения входят в состав порфиновых рудно-магматических систем позднемезозойского возраста. Поэтому на выявление месторождений этого типа в первую очередь перспективны Умлекано-Огоджинский и Северо-Становой вулcano-плутонические пояса мелового возраста, которым отвечают Северо-Буреинская и Северо-Становая металлогенические зоны Приамурской провинции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведено описание известных в пределах Приамурской провинции золоторудных и золотосодержащих месторождений следующих формационных типов: золото-кварцевых, золото-сульфидно-кварцевых, золото-сульфидных, золото-серебряных, золото-полиметаллических и золото-медно-молибден-порфирировых. Среди них значительно преобладают месторождения золото-кварцевой формации, в связи с чем провинция может быть названа Приамурской золотоносной золото-кварцевой.

Вмещающими породами для большинства золото-кварцевых месторождений служат углеродсодержащие палеозойские и мезозойские толщи Монголо-Охотской складчатой области. Большая часть месторождений и рудопроявлений слагают Джагды-Селемджинскую металлогеническую зону в центральной части провинции. Среди золото-кварцевых встречаются месторождения средние и мелкие по запасам золота. По аналогии с золото-кварцевыми месторождениями Центральной Колымы в Приамурье выделены месторождения, отнесенные к фронтальной, средней и прикорневой части рудной колонны. За счет золотого оруденения фронтальной части рудной колонны возникли многочисленные, в том числе богатые, россыпи золота. Золото-кварцевое оруденение средней части рудной колонны наиболее перспективно на обнаружение крупных и уникальных месторождений.

Золото-сульфидно-кварцевых месторождений сравнительно немного. Но среди них выделяется крупное по запасам месторождение «Пионер», во многом определяющее в последние годы масштабы золотодобычи в Амурской области. Золото в рудах этого месторождения находится как в связанном в сульфидах, так и в свободном состоянии. Отрабатываются главным образом окисленные руды со свободным золотом.

Крупным при доразведке может стать Бамское месторождение с бедными и рядовыми рудами. Месторождение пока находится в резерве, но в ближайшие годы планируется его отработка открытым способом. Оно будет являться существенным источником добычи золота на период порядка 15-17 лет. Золото-сульфидно-кварцевые месторождения и в дальнейшем будут играть существенную роль в структуре золотодобычи.

Золото-сульфидные месторождения обладают главным образом упорными золото-сульфидными рудами. Типичным примером является среднее по запасам месторождение «Маломыр». Отработка золото-сульфидных руд, представляющих главную ценность месторождения, планируется после запуска автоклавного выщелачивания золота из флотационного концентрата. Месторождение может служить источником добычи золота на период 10-12 лет. Выявление подобных месторождений наиболее вероятно в пределах Джагды-Селемджинской металлогенической зоны провинции, сложенной метаморфизованными углеродсодержащими толщами.

Из небольшого числа месторождений золото-серебряной формации наиболее известно «Покровское», из руд которого извлечены десятки тонн золота. Остальные месторождения отнесены к разряду мелких. Месторождения и рудопроявления этой формации пространственно и генетически связаны с вулканоплутоническими поясами – Умлекано-Огоджинским – на южном фланге провинции и Северо-Становым – на северном. Как и в других провинциях восточной части России, золото-серебряные месторождения могут быть важным источником богатых и легкообогащаемых руд.

Золото-полиметаллические месторождения не характерны для Приамурской провинции. Тем не менее из находящегося в стадии эксплуатации Березитового месторождения добыто немало тонн золота и серебра. На поиски месторождений подобного типа наиболее перспективна юго-восточная часть Приамурской провинции (Чагойн-Быссинская, Туранская и Восточно-Буреинская металлогенические зоны), в пределах которой широко развиты золото-полиметаллические рудопроявления.

Крупные месторождения золото-медно-молибден-порфирировой формации (Икан, Двойное) обладают бедными рудами, Добыча из них золота рентабельна лишь в комплексе с извлечением меди, молибдена, серебра.

Вовлечение в будущем в эксплуатацию порфировых месторождений с золотом даст новый мощный толчок развитию горнорудной промышленности Приамурья. На выявление месторождений этого типа перспективны Умлекано-Огоджинский и Северо-Становой вулcano-плутонические пояса мелового возраста, которым отвечают Северо-Буреинская и Северо-Становая металлогенические зоны южной и северной периферии Приамурской провинции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Авченко, О.В., Вах, А.С., Чудненко, К.В., Худоложкин, В.О.* Генезис гранатсодержащих пород Березитового месторождения (Верхнее Приамурье, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2014. – № 2. – С. 44-54.
- Авченко, О.В., Вах, А.С., Веливецкая, Т.А.* Об интерпретации изотопного состава кислорода и углерода на основе расчета модального состава пород // Вестник института геологии КОМИ НЦ УРО РАН. – 2015. – № 1. – С. 12-17.
- Анерт, Э.Э.* Богатство недр Дальнего Востока. – Хабаровск; Владивосток: Книжное дело, 1928. – 932 с.
- Атлас морфоструктур рудных полей. – Л.: Недра. 1973. – 163 с.
- Билибин, Ю.А.* Работы С.С. Смирнова в области металлогении // Записки Российского минералогического общества. – 1948. – Ч. 77. – Вып. 1. – С. 15-22.
- Билибин, Ю.А.* Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. – М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 87 с.
- Бородаевская, М.Б., Горжеский, Д.И., Константинов, М.М. и др.* Принципы формационной классификации месторождений цветных и благородных металлов // Советская геология. – 1984. – № 6. – С. 3-12.
- Буряк, В.А., Пересторонин, А.Е.* Маломир – первое крупное золоторудное месторождение суходолжского типа в Приамурье. – Благовещенск; Хабаровск: ИКАРП ДВО РАН, 2000. – 47 с.
- Бучко, И.В., Сальникова, Е.Б., Сорокин, А.А., Котов, А.Б., Ларин, А.М., Яковлева, С.В.* Первые данные о возрасте и геохимии пород Кенгурак-Сергачинского габбро-анортозитового массива (юго-восточное обрамление Сибирского кратона) // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25, № 2. – С. 15-23.
- Бучко, И.В., Пономарчук, В.А., Травин, А.В.* Возраст золоторудных метасоматитов месторождения «Маломир» // Геотектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона. – Якутск: СВФУ, 2011. – Т. 2. – С. 30-32.
- Бучко, И.В., Бучко, Ир. В., Сорокин, А.А., Пономарчук, В.А., Травин, А.В.* Закономерности локализации оруденения, возраст и связь с магматизмом серебро-полиметаллического месторождения «Моготинское» (Северо-Становая металлогеническая зона, юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Геология рудных месторождений. – 2014. – Т. 56, № 2. – С. 118-130.
- Васильев, И.А., Старк, А.Г., Степанов, В.А.* Золотая минерализация Сергачинской металлогенической зоны (Верхнее Примурье) // Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 98-104.
- Вах, А.С.* О соотношении полиметаллической и золотой минерализации на одном из месторождений Верхнего Приамурья // Минеральные типы рудных месторождений в вулканогенных поясах и зонах активизации Северо-Восточной Азии. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1983. – С. 162-169.
- Вах, А.С., Сатин, В.И.* Новая находка иорданита в рудах из золото-полиметаллического месторождения // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 276, № 2. – С. 46-50.
- Вах, А.С.* Золотая минерализация и особенности генезиса Березитового полиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье): Автореферат дис. ...канд. геол.-минер. наук. – Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1989. – 23 с.
- Вах, А.С., Авченко, О.В., Карабцов, А.А.* Червандонит-(Се) в рудах Березитового месторождения – вторая находка в мире // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29, № 3. – С. 14-23.
- Вах, А.С., Авченко, О.В., Киселев, В.И., Сергеев, С.А., Пресняков, С.А.* Геохронологические U-Pb изотопные исследования цирконов из гранитов и рудоносных метасоматитов Березитового золото-полиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2013. – Т. 32, № 6. – С. 20-39.
- Горная энциклопедия / под ред. Е.А. Козловского. – М.: Советская энциклопедия. – Т. 1-5, 1984-1991.
- Воларович, Г.П.* Типы месторождений золота и закономерности их размещения на Дальнем Востоке // Золоторудные формации. – М.: Наука, 1969. – С. 7-34.

- Вольфсон, Ф.И.* Проблемы изучения гидротермальных месторождений. – М.: Госгеолтехиздат, 1962.
- Вьюнов, Д.Л., Степанов, В.А.* Геохимические поля Верхнего Приамурья // Тихоокеанская геология. – 2004. – Т. 23, № 5. – С. 116-124.
- Гвоздев, В.И., Горячев, Н.А., Вах, А.С. и др.* Минеральный состав и типоморфные особенности минералов золоторудных жил Кировского месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. – 2013. – Т. 7, № 6. – С. 403-415.
- Геологический словарь: В 2 т. – М.: Недра, 1973.
- Гордеев, Е.К.* Золоторудное месторождение «Желтунак» – мелкий объект на флангах Покровского месторождения // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С. 34-36.
- Горная энциклопедия: В 5т. / под ред. Е.А. Козловского. – М.: Советская энциклопедия, 1984-1991.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Лист N-51. Сковородино. Объяснительная записка / ред. А.С. Вольский. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. – 345 с.
- Гуров, Л.П.* Связь золотого оруденения с магматизмом // Вопросы золотоносности Дальнего Востока. – Благовещенск: ДВНЦ АН СССР, 1971. – С. 23-25.
- Данилов, А.А.* Геохимическая зональность Бамского месторождения // Геология и минеральные ресурсы Амурской области. – Благовещенск: Амургеолком, 1995. – С. 51-53.
- Забродин, В.Ю., Бородин, А.М., Гурьянов, В.А. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Дальневосточная серия. Масштаб 1:1000000. Лист N-53 (Шантарские острова). Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. – 549 с.
- Залищак, Б.Л.* Условия образования анортитизированных гранодиоритов – нового типа метасоматитов // Термобарогеохимия в геологии. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. – Т. 1. – С. 141-143.
- Захаров, Е.Е.* К вопросу о классификации месторождений полезных ископаемых // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1953. – № 5.
- Йенсен, М.Л.* Геохимия гидротермальных рудных месторождений. – М.: Мир, 1970. – С. 129-147.
- Казанцев, А.Е., Малышев, А.И., Орлова, Н.И.* Гидротермалиты Албынского месторождения // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С. 29-34.
- Козак, З.П. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:200000. Становая серия. N-51-XVI. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – 136 с.
- Константинов, М.М., Некрасов, Е.М., Сидоров, А.А., Стружков, С.Ф.* Золоторудные гиганты мира. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.
- Константинов, М.М.* Золоторудные провинции мира. – М.: Научный мир, 2006. – 358 с.
- Константинов, Р.М.* Изучение эндогенных рудных месторождений различных рудных формаций при крупномасштабных металлогенических исследованиях // Изучение закономерностей при металлогенических исследованиях рудных районов. – М.: Недра, 1965. – С. 7-118.
- Константинов, Р.М.* Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. – М.: Наука, 1973. – 215с.
- Крейтер, И.В., Кузнецов, В.В.* Контактный метаморфизм на свинцово-цинковых месторождениях в Змеиногорском рудном районе (Рудный Алтай) // Геология рудных месторождений. – 1983. – № 3. – С. 95-99.
- Криволицкая, Н.А.* Парагенетические ассоциации минералов и условия образования руд Ключевского месторождения золота (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. – 1997. – Т. 37. – № 4. – С. 344-361.
- Кузнецов, В.А.* Рудные формации // Геология и геофизика. – 1972. – № 6. – С. 3-14.
- Линдгрэн, В.* Минеральные месторождения. – М.; Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1934. – Вып. 2; 1935. – Вып. 3. – 376 с.
- Малышев, А.И., Лазарев, А.Б.* Роль тектонических дислокаций в формировании Албынского рудного поля // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С. 41-45.
- Мельников, А.В., Сорокин, А.А., Пономарчук, В.А., Травин, А.В., Сорокин, А.П.* Золото-полиметаллическое месторождение Березитовое (Восточная Сибирь): основные ми-

нералогические особенности, возраст и связь с магматизмом // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 3. – С. 258-265.

Мельников, А.В., Степанов, В.А. Рудно-россыпные узлы южной части Приамурской золотоносной провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2013. – 222 с.

Мельников, А.В., Степанов, В.А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. – Часть 2. Центральная часть провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2014. – 300 с.

Мельников, А.В., Степанов, В.А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. – Часть 3. Северная часть провинции. – Благовещенск: АмГУ, 2015. – 258 с.

Мельников, В.Д. Золоторудные гидротермалитовые формации. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. – 132 с.

Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск: КИР, 2000. – 168 с.

Моисеенко, В.Г., Степанов, В.А., Шергина, Ю.П. Возраст золотого оруденения Бамского рудного узла // Доклады РАН. – 1997. – Т. 355, № 3. – С. 369-371.

Моисеенко, В.Г., Степанов, В.А., Шергина, Ю.П. Возраст формирования Кировского золоторудного месторождения // ДАН. – 1999. – Т. 369, № 3. – С. 354-356.

Моисеенко, В.Г., Эйриш, Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 352 с.

Некрасов, Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988. – 286 с.

Неронский, Г.И. Типоморфизм золота месторождений Примурья. – Благовещенск: АмурНЦ ДВО РАН, 1998. – 320 с.

Округин, В.М. Новые данные о возрасте и генезисе эпитеpmальных месторождений зоны перехода континент – океан // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. – Т. 3. – Магадан, 2002. – С. 36-40.

Омото, Х., Рай, Р.О. Геохимия гидротермальных рудных месторождений. – М.: Мир, 1982. – С. 405-450.

Остапенко, Н.С., Нерода, О.П., Сафронов, П.П. Геологические условия, факторы формирования и особенности минералогии руд Покровского золото-серебряного месторождения (Приамурье) // Тихоокеанская геология. – 2013. – Т. 32, № 5. – С. 19-34.

Пересторонин, А.Е. Боргуликанское золото-медная рудно-магматическая система Приамурской золотоносной провинции // Руды и металлы. – 2016. – № 1. – С. 63-77.

Пересторонин, А.Е., Степанов, В.А. Перспективные типы золото-сульфидных месторождений в Приамурье // Руды и металлы. – 2007. – № 2. – С. 19-29.

Петровская, Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 347 с.

Петровская, Н.В., Сафронов, Ю.Т., Шер, С.Д. Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. – М.: Наука, 1976. – Т. 2. – С. 3-110.

Пискунов, Ю.Г., Степанов, В.А. Перспективы коренной золотоносности Софийского рудно-россыпного узла // Региональные проблемы. – Биробиджан: ИКАРП, 2005. – № 7. – С. 39-45.

Радкевич, Е.А., Моисеенко, В.Г. Закономерности распределения и генетические черты золотого оруденения на Дальнем Востоке // Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. – М.: Наука, 1966.

Рожков, С.С. Минерагения и прогноз золотого оруденения Софийского узла (Хабаровский край): Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Ростов н/Д, 2002. – 208 с.

Российская геологическая энциклопедия: В 5т. / гл. ред. Е.А. Козловский, А.А. Ледовских. – М.; СПб.: ВСЕГЕИ, 2010.

Рундквист, Д.В., Неженский, И.А. Зональность эндогенных рудных месторождений. – Л.: Недра, 1975. – 224 с.

Ручкин Г.В., Бушуев В.П., Варламова В.А. и др. Холоднинское месторождение – представитель докембрийских колчеданно-полиметаллических месторождений // Геология рудных месторождений. – 1975. – № 5. – С. 3-17.

Ручкин, Г.В. Модель регионального метаморфизма докембрийских колчеданных месторождений // Геология рудных месторождений. – 1981. – № 5. – С. 19-32.

Самусин, А.И., Самусина, С.Н. Объяснительная записка к геологической карте СССР масштаба 1:200000. Лист N-51-XVII. – М. 1970. – 97 с.

Серебрянская, Т.С. Геолого-минералогические особенности золотоносных метасоматитов Харгинского рудного поля: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Красноярск: СФУ, 2011. – 21 с.

Серебрянская, Т.С., Ожогина, Е.Г., Ковалевский, Э.И. Особенности гидротермально-метасоматических образований и химического состава золота Харгинского рудного поля // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 8. – С. 9-14.

Сидоров, А.А. Группы золотоносных рудных формаций // Сов. геология. – 1984. – № 7. – С. 96-105.

Сидоров, А.А. Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруденения. – Магадан: Тр. ДВО РАН, 1998. – 246 с.

Сидоров, А.А., Томпсон, И.Н. Базовые рудные формации и новый подход к систематике месторождений // Тихоокеанская геология. – 1989. – № 6. – С. 97-102.

Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1976. – 694 с.

Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982. – 669 с.

Сорокин, А.А., Пономарчук, В.А., Травин, А.В., Рогулина, Л.И., Пономарчук, А.В. Корреляция процессов рудообразования на золото-полиметаллическом месторождении «Березитовое» западной части Селенгино-Станового супертеррейна и региональных тектономагматических событий // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 5, № 3. – С. 432-448.

Степанов, В.А. Закономерности локализации и физико-химические условия формирования золотого оруденения западного фланга хр. Джагды: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Владивосток: ДВГИ, 1978. – 135 с.

Степанов, В.А. Золото-ртутные меторождения // ДАН. – 1993. – Т. 330, № 6. – С. 745-747.

Степанов, В.А., Мельников, А.В., Вах, А.С. и др. Приамурская золоторудная провинция. – Благовещенск: АмГУ, 2008. – 232 с.

Степанов, В.А. Геология золота, серебра и ртути. – Ч. 2. Золото и ртуть Приамурской провинции. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 161 с.

Степанов, В.А. Зональность золото-кварцевого оруденения Центральной Колымы. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 70 с.

Степанов, В.А. Этапы формирования и генезис золоторудных месторождений Приамурья // ДАН. – 2005. – Т. 403, № 1. – С. 83-87.

Степанов, В.А. Перспективы золотоносности Приамурской провинции // Руды и металлы. – 2013. – № 1. – С. 25-32.

Степанов, В.А., Стриха, В.Е., Черемисин, А.А. и др. Бамское золоторудное месторождение (геология, минералогия и геохимия). – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 209 с.

Стриха, В.Е., Петрук, Н.Н., Вахтомин, К.Д. и др. Геология Хайктинского интрузионного комплекса // Тихоокеанская геология. – 2000. – № 5. – С. 25-37.

Стриха, В.Е. Мезозойские гранитоиды золотоносных районов Верхнего Приамурья. – Ч. 1. – Благовещенск: АмГУ, 2012. – 188 с.

Сушкин, Л.Б. Некоторые геологические особенности золоторудного месторождения «Колчеданный Утес» // Труды ассоциации «Дальнедра». – 1991. – Вып. 1. – С. 171-178.

Фатьянов, И.И., Лэйер, П. О времени формирования золоторудного месторождения «Токур» // Геология и минеральные ресурсы Амурской области. – Благовещенск: Амургеолком, 1995. – С. 217-219.

Ферсман, А.Е. Монголо-Охотский металлический пояс // Поверхность и недра. – 1926. – Т. 6, № 3. – С. 8-10.

Хомич, В.Г. Покровское месторождение золота // Рудные месторождения континентальных окраин. – Т. 2, вып. 2. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – С. 284-321.

Чернышев, И.В., Шпикерман, В.И. Изотопный состав рудного свинца как отражение блокового строения центральной части Северо-Востока Азии // ДАН РАН. – 2001. – Т. 377, № 4. – С. 530-533.

Шило, Н.А. Основы учения о россыпях. – М.: Наука, 1981. – 383 с.

Шнейдерхен, Г. Успехи в познании вторично-гидротермальных и регенерированных месторождений // Рудные регенерированные месторождения. – М.: Мир, 1957. – С. 63-81.

Шнейдерхен, Г. Рудные месторождения. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 501 с.

Эйриш, Л.В. Металлогения золота Приамурья. – Владивосток: Дальнаука. 2002. – 194 с.

Эйриш, Л.В., Остапенко, Н.С., Моисеенко, В.Г. Токурское золоторудное поле: геология, геохимия, генезис. – Хабаровск: АмурКНИИ, 1998. – 149 с.

Field, C.W., Fifeck, R.H. Light stable isotope systematics in the epithermal environment // *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems*. – 1985. – Vol. 2. – P. 99-128.

Lawrence, I.J. Polymetamorphism of the sulphide ores of Broken Hill, N.S.W., Australia // *Mineralum deposita*. – 1973. – V. 8, № 3. – P. 211-236.

Li, Y., Liu, J. Calculation of sulfur isotope fractionation in sulfides // *Geochim. et Cosmochim. Acta*. – 2006. – Vol. 70. – P. 1789-1795.

Vokes, P.M. On the possible modes of origin of the Caledonian sulphide ore deposit at Bleikvassli, Nordland, Norway // *Econ. Geol.* – 1966. – V. 61. – P. 1130-1139.

Vokes, P.M. A review of metamorphism of sulphide deposits // *Earth Sci. Reviews*. – 1969.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>ВВЕДЕНИЕ</i>	3
Глава 1. Приамурская золотоносная провинция	4
1.1. Общие представления о металлогенической провинции	4
1.2. Структурная приуроченность и районирование Приамурской провинции	5
1.3. Продуктивность месторождений рудного и россыпного золота	6
1.4. Возраст золотого оруденения	10
1.5. Геохимическая специализация провинции	13
Глава 2. Формационные типы золоторудных месторождений	15
Глава 3. Месторождения золото-кварцевой формации	19
3.1. Месторождения фронтальной части рудной колонны	21
3.2. Месторождения средней части рудной колонны	34
3.3. Месторождения прикорневой части рудной колонны	46
Глава 4. Месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации	50
4.1. Крупные месторождения	50
4.2. Средние месторождения	55
4.3. Мелкие месторождения	65
Глава 5. Месторождения золото-сульфидной формации	79
Глава 6. Месторождения золото-серебряной формации	94
Глава 7. Месторождения золото-полиметаллической формации	112
Глава 8. Месторождения золото-медно-молибден-порфировой формации	134
<i>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</i>	143
Библиографический список	14561

Антон Владимирович Мельников,

*канд. геол.-минер. наук, ведущий науч. сотрудник Института геологии
и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск)*

Виталий Алексеевич Степанов,

*д-р геол.-минер. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
главный научный сотрудник научно-исследовательского геотехнологического центра
ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский)*

Александр Станиславович Вах,

*канд. геол.-минер. наук, ведущий научный сотрудник
ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток)*

Дмитрий Леонидович Вьюнов,

*канд. геол.-минер. наук, генеральный директор ООО «Зейская горная компания»
(г. Благовещенск)*

Анатолий Иванович Дементюченко,

*канд. геол.-минер. наук, главный геолог отдела геологии и лицензирования
Департамента по недропользованию ДВФО по Амурской области «Амурнедра»
(г. Благовещенск)*

Андрей Евгеньевич Пересторонин,

*канд. геол.-минер. наук, начальник геологического отдела ООО «Амургеоресурс»
(г. Благовещенск)*

Месторождения рудного золота Приамурской провинции. Монография

Изд-во АмГУ. Подписано к печати 16.10.2017. Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 17,67.

Тираж 200. Заказ 819.

Отпечатано в типографии АмГУ.