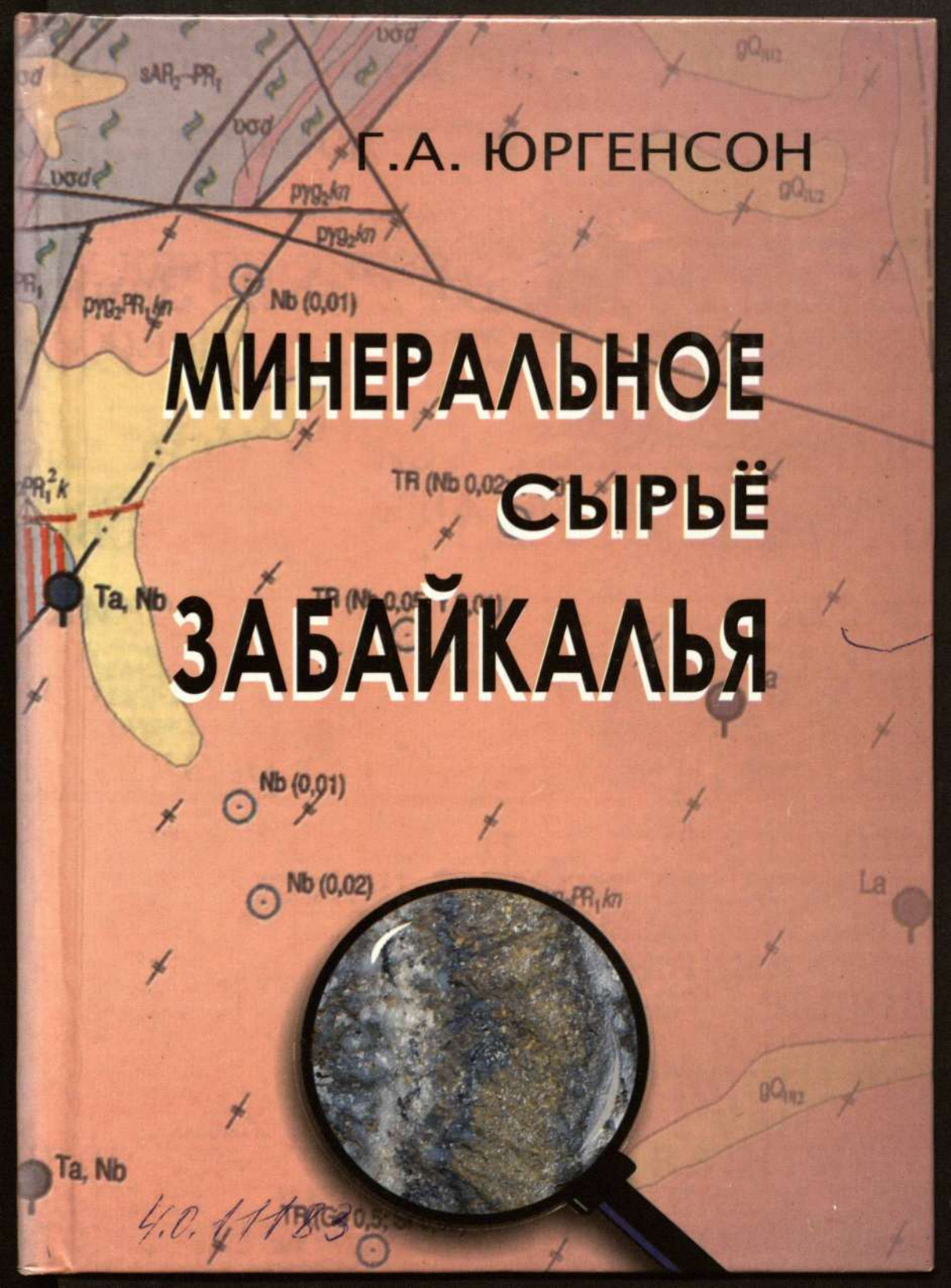
Г.А. ЮРГЕНСОН

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЁ ЗАБАЙКАЛЬЯ



Об... экземпляр"

Читинский государственный университет
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

Г.А. Юргенсон

Минеральное сырье Забайкалья

Учебное пособие
Часть I
Книга 3

Благородные металлы

Рекомендовано Дальневосточным региональным учебно-методическим центром (ДВ РУМЦ) в качестве учебного пособия для студентов специальностей 130201 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», 130404 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», 130405 «Обогащение полезных ископаемых», 020101 «Химия» вузов региона.
Протокол № 1 от 12.01.2006 г.

Чита, «Поиск», 2008

К 33.2+26.303я73+33.3я73+33.333.4я73
Ю-66

УДК 553.41+669.21
ББК 26.325.14+326.25.13
Ю 66

Утверждено к печати учеными советами
Читинского государственного университета и
Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

Рецензенты:

Доктор геолого-минералогических наук Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
Б.Н. Абрамов

Доктор технических наук, профессор ЧитГУ
А.В. Фатьянов

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ЧитГУ
А.И. Трубачёв

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент ЗабГГПУ
В.А. Кривенко

Ответственный за выпуск – **В.И. Летунов**,
кандидат химических наук, профессор ЧитГУ

Юргенсон Г.А.

Ю 66 Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие. Часть I. Книга 3. Благородные металлы. – Чита: Поиск, 2008. – 256 с., ил.

ISBN 978-5-93119-221-5

Учебное пособие написано в соответствии с программой обучения студентов химических, горных и географических специальностей университетов с учётом современных требований к минеральному сырью, определяемых законодательной базой недропользования. Сделан акцент на оценку влияния геологоразведочных, добычных и обогатительных производств на окружающую среду. Рассмотрены свойства, распространённость, минералогия благородных металлов, включая золото, серебро и платиноиды. Дано краткое описание их важнейших месторождений, включая геотехногенные, запасы и ресурсы, способы добычи и переработки сырья.

Для студентов химических, горных, географических, экологических и других специальностей, связанных с использованием минерального сырья, предпринимателей, менеджеров и всех, интересующихся полезными ископаемыми.

УДК 553.41+669.21
ББК 26.325.14+326.25.13

ФОНД
Обязательный

© ЧитГУ, 2008
© ИПРЭК СО РАН, 2008
© Юргенсон Г.А., 2008
© Книжное издательство «Поиск», 2008

ISBN 978-5-93119-221-5

Z.O. 11183
Читинская областная
БИБЛИОТЕКА
им. А.С. Пушкина
2015

Предисловие

В Первой книге Первой части учебного пособия «Минеральное сырье Забайкалья» (Главы 1–8) были даны общие сведения о минеральном сырье, его современной классификации, способах определения качества, добычи и переработки, а также о месторождениях черных и цветных металлов на территории Забайкалья.

В предлагаемой читателю Третьей книге Первой части пособия (Глава 10. Благородные металлы) рассмотрен этот же спектр данных для минерального сырья благородных металлов. В качестве источников информации использована как опубликованная, так и фондовая литература, а также собственные данные автора. Все основные общие источники информации даны во введении к Первой книге пособия и поэтому здесь не повторяются. Отметим лишь то, что основные сведения по вопросам использования тех или иных химических элементов и получения продуктов переработки минерального сырья заимствованы из многотомного издания «Химическая энциклопедия». – М.: Советская энциклопедия, 1983. Специальные источники, касающиеся рассматриваемых в Третьей книге, приведены в списках литературы к отдельным разделам и сведены в её конце.

Глава 10. Благородные металлы

К благородным металлам относятся золото, серебро и металлы платиновой группы (МПГ), или платиноиды. Наиболее распространено в Забайкалье, если говорить о промышленных концентрациях, золото. Отсюда в начале XVIII столетия пошли первые в России золото и серебро. По состоянию на 2006 год запасы золота в Забайкалье, включая Республику Бурятия, составляли около 10% общероссийских, из них 7% в Забайкальском крае. Доля серебра составляет около 16%, из них в Забайкальском крае – 14,4%.

По добыче россыпного золота эта территория с середины XIX века занимала одно из первых мест в России. В XX веке здесь действовали два крупнейших золотодобывающих предприятия, разрабатывавших Балейское, Тасеевское и Дарасунское месторождения. В Забайкальском крае за 300 лет горного производства было добыто более 1030 тонн золота. Ежегодная добыча золота в этом регионе в среднем составляла более 12 тонн. Динамика добычи золота за 1991–1997 гг. в Забайкалье в сравнении с современностью представлена в табл. 10.1.

Как видно из табл.10.1, в постсоветский период добыча золота в Забайкальском крае была нестабильна и с 1995 года уменьшалась, достигнув минимума в 1997 году. И уровень добычи был не стабилен. Это происходило вследствие закрытия рудников и общего спада экономики, а также главенствующего значения частного капитала, инвестирование которого зависит не только от объективных, но и субъективных причин. В Республике Бурятия добыча золота возрастала преимущественно за счет введения в эксплуатацию крупного Зун-Холбинского золоторудного месторождения. После 1995 года доля металла, добываемого из коренных месторождений, возрастает и в

Таблица 10.1

Динамика добычи золота в Забайкалье

Субъект РФ	Добыча золота по годам, кг								
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2006	2007
Забайкальский край	7800	8470	8167	8732	7228	5890	4632	6650	6650
Республика Бурятия	2600	2745	3370	4184	4293	4333	4741	7892	6760
Всего:	10400	11215	11537	12916	11521	10223	9373	14542	13410

Читинской области, в связи с периодическим возобновлением работы Дарасунского рудника, а также с разработкой Малеевского участка Итакинского месторождения и месторождения Дельмачик методом кучного выщелачивания. Кроме того, рудник Апрелково разрабатывает месторождение Погромное и ведется добыча золота на месторождении Амазаркан.

Добыча золота в Республике Бурятия только за последние шесть лет (2001 – 2006 гг.) составила 48 203 кг, имея максимум (8 245 кг) в 2005 году и минимум в 2001 г. (7 727 кг).

Запасы и ресурсы золота и серебра Забайкальского края по состоянию на 01.01.2006 даны в табл. 10.2.

Собственно серебряных месторождений на этой территории практически нет. Но серебро, добывавшееся попутно из полиметаллических и золотосодержащих руд, имело на определенном историческом этапе развития России огромное значение. Серебро и теперь является существенно важной примесью в золото-серебряных, олово-полиметаллических

Таблица 10.2

Запасы и минерально-сырьевой потенциал золота и серебра Забайкальского края по состоянию на 01.01.2006

Полезное ископаемое	Ед. изм.	Количество	Минерально-сырьевой потенциал (млн. руб.)
Золото рудное	т	466,885	278 730
Золото россыпное	т	100,879	60 224
Итого золота	т	567,764	338 954
Серебро	т	16489	181 381
Всего			520 335

и собственно золотых рудах, а также медистых песчаниках. С 2004 года серебро как попутный компонент извлекается из руд Дарасунского и Итакинского (участок Малеевский) месторождений. Серебро попутно извлекается также из руд Зун-Холбинского месторождения.

Что же касается платиноидов, то территория Забайкалья на промышленные их руды изучена еще крайне недостаточно, хотя объекты, содержащие промышленно значимые их концентрации, уже известны.

10.1. Золото.

10.1.1. Свойства.

Золото (Au, I, 79), металл, желтый, мягкий, ковкий, пластичный. Известно с глубокой древности. Проявляет амфотерные свойства, халько- и сидерофильный, устойчивые валентности 1^+ и 3^+, самородное золото Au^0. Степени окисления 1^+, 2^+, 3^+, 5^+.

В природе один стабильный изотоп ^{197}Au. Конфигурация внешней электронной оболочки $5s^25p^65d^{10}6s^1$.

Золото легко расплющивается в тончайшие листочки; 1 грамм золота можно расплющить в лист площадью 1 $м^2$. Двухвалентное золото устойчиво лишь в форме сульфида. Остальные соединения Au^{2+} разлагаются водой до образования самородного металла. При нормальных условиях золото не взаимодействует с разбавленными и концентрированными кислотами. Но золото растворяется, кроме царской водки, еще в хромовой кислоте в присутствии хлоридов и бромидов щелочных металлов, в цианидных растворах на воздухе или в присутствии пероксида водорода (H_2O_2) с образованием цианоаурат-иона. Золото растворяется в растворах тиосульфата, тиомочевины, в смеси $KJ+J_2$, при повышенной температуре реагирует с теллуром, образуя $AuTe_2$. Реагирует также со всеми галогенами. Реакция с бромом экзотермична, протекает при комнатной температуре с образованием Au_2Br_6. Растворяется в сильных щелочах. Ртуть растворяет золото, образуя амальгаму, которая при содержании золота более 15% становится твердой. Амальгамация золота до 1970-х годов, до запрещения её использования по экологическим соображениям, широко использовалась для извлечения его из шлиховых концентратов.

Плотность 19320 кг/м^3, твердость по Бринеллю 188–245 МПа, температуры плавления – 1064°С, кипения – 2807; теплопроводность 317 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $2{,}35 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость – $1{,}78 \cdot 10^{-9}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $14{,}2 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$. Устойчиво к действиям воздуха, воды, кислот, за исключением смеси HNO_3+HCl (царская водка). Золото – элемент с невыясненной токсичностью. Тем не менее, известно, что некоторые соединения золота токсичны. Они накапливаются в почках, печени, селезенке и гипоталамусе. Это может приводить к дерматитам, стоматитам, тромбоцитопении.

10.1.2. Распространенность и запасы.

Кларк золота земной коры 0,0043г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,005, основных – 0,004, кислых – 0,0045, осадочных (глинах и сланцах) – 0,001, в золе растений – 0,001, в морской воде – 0,00002.

Мировые запасы золота – 90 тыс. тонн, ежегодное производство – 2 тыс. тонн. Наиболее крупные производители золота – ЮАР, США, Австралия, Канада, Китай, Россия, Индонезия, Узбекистан.

В странах СНГ производство золота в 1996 году составило около 300 тонн, в том числе в России – 120, в 1997 году – 150, в 2000-х годах – более 200 тонн. В Забайкалье в 2007 году добыто более 13 тонн золота, преимущественно из россыпей.

10.1.3. Области использования.

Структура потребления (%): ювелирное производство – 73–77; электронная и электротехническая промышленность – 12–14; стоматология – 0,3–4,5; чеканка монет и другое – 9–10.

Покрытие золотом применяют в авиационной и космической технике, для изготовления некоторых отражателей,

электрических контактов и деталей проводников, в радиоаппаратуре. В электронике из золота, легированного Ge, In, Ga, Si, Sn и другими химическими элементами, делают контакты.

Особые, уникальные свойства золота, прежде всего как не поддающегося коррозии отличного проводника электрического тока, начиная с 1950-х годов, используются во многих областях науки, техники, медицины и других сферах. Физико-механические, электрические, физико-химические свойства золота обеспечили его широкое использование в различных сплавах. Оно пригодно для изготовления сверхтонкой фольги и микронной проволоки, тонких покрытий напылением, паянием и сваркой под давлением ультразвуком. Это позволило применять его для золочения металлов и керамики, соединения в интегральных схемах и интегральных схем, используемых в электронике, авиации и космонавтике. Легкоплавкие эвтектики золота с индием, галлием, кремнием обладают проводимостью определенного типа. В электронике при изготовлении деталей и узлов вместо чистого золота стали использовать сплавы 65% Sn+ 35% Ni с золотой подложкой. Золотые припои используют для пайки вакуумноплотных швов деталей электронных ламп и узлов в космических аппаратах. Для измерений низких температур используют термопары из сплавов золота с кобальтом и хромом.

В химической промышленности плакирование золотом используют в производстве стальных труб для транспортирования агрессивных веществ.

В связи с тем, что золото даже в тончайших пленках (0,13 мкм) не пропускает инфракрасное излучение, им покрывают оконные стёкла домов в жарких странах, а также смотровые стекла кабин электровозов и капитанских мостиков морских судов. Такая пленка золота является проводником электрического тока. Поэтому покрытые им стёкла в холодное время и в туман свободны от конденсирующейся влаги и прозрачны.

Радиоактивный искусственный изотоп ^{198}Au используется в медицине для диагностики заболеваний внутренних органов, диагностики и лечения раковых опухолей.

10.1.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 40 минералов золота. Основные из них: самородное золото, теллуриды, сульфиды, сульфосоли. Преобладает и имеет промышленное значение самородное золото. Относится к классу самородных элементов. Обычно представляет собою природный раствор Ag (до 43%) в Au. В качестве примесей обычно присутствуют Ag, Cu, Pd, Ir, Pt, Rh. Кубическая сингония. Высокопробное золото ярко-желтое, с примесями Ag – бледно-желтое, зеленоватое, табачно-зеленое, Cu – красновато-желтое. Образует октаэдрические или скелетные кристаллы, зерна, чешуйки, пластины, сплошные массы и другие формы. Плотность 15,6–19,2 г/см^3. Твердость 2. Различают тонкодисперсное (до 10 мкм), пылевидное (5–50 мкм), мелкое

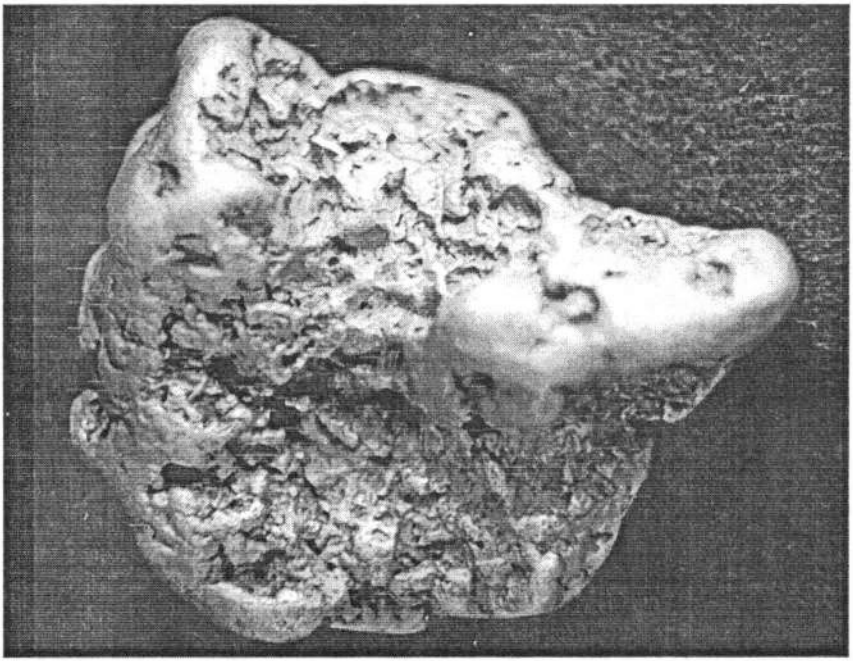


Рис. 10.1. Самородок золота «Газимур». Фото из монографии [Геологические исследования..., 1999].

(0,05–2 мм) и крупное золото – более 2-х мм. Среди крупного золота по размерам и массе выделяют самородки.

В качестве тонкодисперсных до мелких включений золото присутствует в сульфидах, кварце, магнетите, блеклых рудах и других сопутствующих минералах. Находится в коренных месторождениях и россыпях. В коренных месторождениях в существенно кварцевых или сульфидных жилах ассоциирует с кварцем, пиритом, арсенопиритом, магнетитом, пирротином, тетраэдритом, теннантитом, тетрадимитом, антимонитом и другими минералами.

Самородное золото широко распространено в полиметаллических первичных и окисленных рудах месторождений Забайкалья. Самородки встречаются в кварцевых жилах. Самый крупный скелетный кристалл массой 1,3 кг обнаружен в отвале Казаковского месторождения, ажурный самородок массой 38 г выделили из кварца жилы Евграф Любавинского месторождения. К числу наиболее крупных, добытых из месторождений

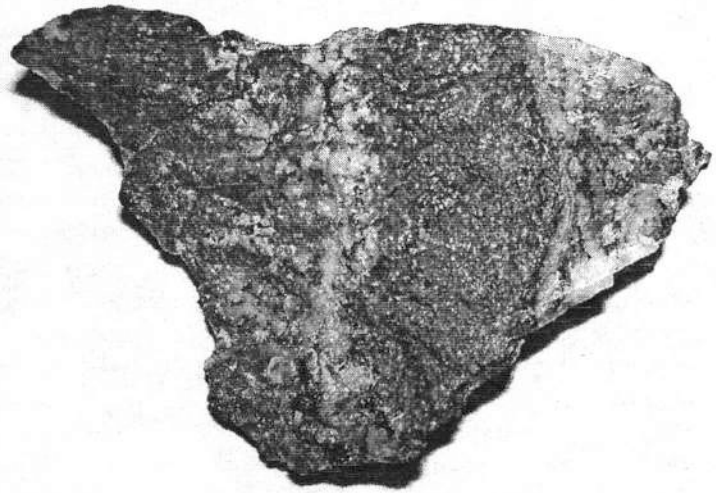


Рис. 10.2. Фрагмент образца из участка I рудной зоны Тасеевского месторождения с содержанием золота 346 г/т. Всё серое – золото, светло-серое и белое – кварц. В центральной части – полоса золота, обрамленная самородным серебром и сульфосолями меди и серебра. Ув. в 2 раза. Фото автора.

Забайкальского края, относится самородок Газимур массой 1508 г, поднятый из россыпи Ундинский Лог в долине р. Унда (рис. 10.1). Крупные массы низкопробного золота с содержанием до 346 кг на тонну кварца добывались из жил Тасеевского месторождения. На рис. 10.2 представлен фрагмент этой жилы. Основные месторождения в Забайкальском крае: Тасеевское, Балейское, Дарасунское и др. Самородное золото – основной объект добычи из золотоносных россыпей. К наиболее крупным россыпным месторождениям Au относятся Дарасунская, Среднеборзинская, Шахтаминская, Кручининская, Ундинская, Карийская россыпи.

10.1.4.1. Особенности состава руд коренных месторождений золота.

Кроме самородного золота, объектом извлечения его являются также природные сплавы с серебром – электрум (30–70% Au) и кюстелит (Au около 10–20%), а также его теллуриды различного состава. К ним относятся калаверит ($AuTe_2$, золота 40–43%), креннерит [$(Au, Ag)Te_2$, золота около 40%], сильванит [$(Au, Ag)Te_4$, золота 25–27%], петцит [Ag_3AuTe_2, золота 25%] (рис. 10.3) и др. Наряду с Au в золотых рудах могут присутствовать в качестве попутных компонентов Ag, As, Bi, Co, Cu, Hg, Ni, Pd, Sb, Sn, Te, W, Zn. Золотые руды – это природные минеральные образования, содержащие Au в количествах и минеральных формах, позволяющих технически возможно и экономически целесообразно извлекать его производственными способами.

Наряду с собственно золотыми рудами в природе находятся золотосодержащие руды, в которых Au является попутным компонентом. Это руды Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn и Ag. В Забайкалье развиты месторождения золота эндогенные, или коренные, с которыми связано так называемое рудное золото, и экзогенные, в которых золото находится в россыпях. Все эндогенные золотые руды образованы в результате кристаллизации минералов из водо-силикатных расплавов или гидротермальных растворов, обогащенных различными металлами (золотом, серебром, железом, свинцом, цинком, вольфрамом,

молибденом и другими), летучими (углекислотой, хлором, серой, мышьяком, теллуром, селеном, азотом и другими), а также щелочными химическими элементами (калием, литием, натрием и другими). Содержание золота в рудах от 2–3 до нескольких сотен грамм на тонну. Они образуют различной формы существенно кварцевые жильные тела, их сообщества или зоны прожилкования в различных горных породах, так называемые штокверки.

Минеральный состав **коренных** золотых руд, как сказано выше, разнообразен. Они содержат до 200 различных минералов. По минеральному составу среди золотых руд в Забайкалье выделяют **золотокварцевые** (Любавинское, Воскресенское, Казаковское, Хавергинское, Кирченовское и другие место-

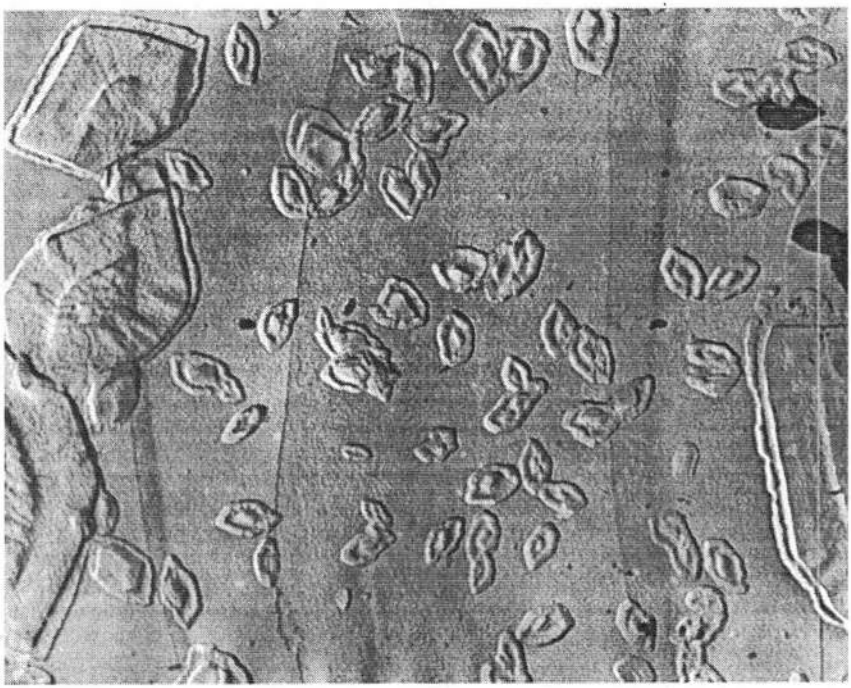


Рис. 10.3. Микрокристаллы петцита в пирите Дарасунского месторождения. Электронно-микроскопический снимок. Увел. 8000. Снимок В.Н. Аношкина. Лаборатория минералогии ЗабНИИ.

рождения), **золотосульфидно-кварцевые** (Среднеголготайское, Верхнеалиинское, Теремкинское, Пильненское, Дыбыксинское и другие месторождения), **золотосульфидно-магнетитово-кварцевые** (месторождения Новинка, Талатуйское), **золотокварцево-сульфидные** (Дарасунское, Ключевское и другие месторождения). Преобладают золотосульфидно-кварцевые и золотокварцево-сульфидные. Во всех минеральных типах золотых руд преобладает кварц. Содержание его всегда более 50% объема руды. В золотокварцевых рудах на долю сульфидов и золота приходится менее 5%, золотосульфидно-кварцевых – менее 20% и золотокварцево-сульфидных – менее 50%. Сульфиды представлены пиритом, арсенопиритом, реже пирротином, молибденитом, галенитом, сфалеритом, висмутином. Во всех указанных минеральных типах золотых руд присутствуют минералы теллура, основного критерия принадлежности кварцево-сульфидного минерального агрегата к месторождению Au. В золотокварцевых рудах Au преимущественно находится в кварце. В них количество и разнообразие сульфидов обычно ограничено. Преобладают сульфиды Fe. Обычно, при содержании в золотых рудах сульфидов до 3–7%, Au находится в кварце и легко извлекается. С увеличением количества сульфидов и сульфосолей уменьшается доля свободного Au и возрастает тонкая примесь его в сульфидах, прежде всего в пирите, халькопирите и арсенопирите. В золотокварцево-сульфидных рудах Дарасунского, Ключевского, Новоширокинского, Козловского месторождений, а также в полиметаллических месторождениях значительная масса Au находится в сульфидах. Все рассмотренные минеральные типы золотых руд связаны с месторождениями, образованными на глубинах 1–3 км от земной палеоповерхности. Они относятся к среднеглубинным. Размеры зерен Au в них преимущественно более 10 мкм. Пробность Au преимущественно 700–900. В золотокварцевых рудах она всегда более 800, а Au нередко встречается в виде самородков.

Главная масса Au, добытого в Читинской области, связана с золотыми рудами месторождений **малоглубинной золото-серебряной** формации Балейского и Тасеевского месторождений.

Они представляют собой уникальный пример месторождений этой формации. Руды состоят из халцедоновидного кварца, карбонатов, гидрослюд и других слоистых силикатов, пирита, арсенопирита, антимонита, золота, тетраэдрита, миаргирита ($AgSbS_2$), пираргирита, фрейбергита ($Ag_{10}Zn_2Sb_4S_{13}$), калаверита, гессита (Ag_2Te) и др.

Промышленные типы месторождений – собственно золоторудный (коренные и россыпные) и комплексный золотосодержащий, где оно входит в руды цветных, редких и других металлов в качестве попутного полезного компонента.

Типы **коренных** месторождений – в углеродисто-карбонатно-терригенных и вулканогенно-осадочных толщах, гранитоидах, важное промышленное значение имеют месторождения золотоносных конгломератов. Промышленные руды **коренных** месторождений – золото-кварцевые, золото-сульфидно-кварцевые, золото-кварцево-сульфидные, золотомышьяковые, золотосеребряные, золотополиметаллические, золотосурьмяные, золототеллуридные, золотоконгломератовые. В Забайкалье наибольшее значение имеют первый, второй, третий, пятый и шестой типы.

По содержанию золота (г/т) **коренные руды** подразделяют на богатые – 50–10, рядовые – 10–3, бедные – 3–2, убогие – 2–1. По крупности золота (мкм) в рудах выделяют: крупное (+70), мелкое (70–1), тонкодисперсное (1–0,1), субмикроскопическое (0,1–0,01 и менее). По содержанию сульфидов (%) руды делят на убого-сульфидные – до 2, умеренно сульфидные – до 20, существенно сульфидные – более 20. По степени окисления руды подразделяют на сульфидные – степень окисления сульфидов не более 10%, смешанные – 0–50, окисленные – более 50.

10.1.4.2. Особенности состава руд россыпных месторождений золота.

Экзогенные или **россыпные** золотые руды заключены в россыпях, а также в зонах окисления золотосодержащих сульфидных месторождений. Россыпи образуются в результате переотложения Au и других продуктов выветривания

месторождений, а в зонах окисления руды формируются в зонах цементации или вследствие накопления оставшихся на месте после разложения вмещающих золото минералов и выноса продуктов их изменения. Это так называемые остаточные золотые руды, или элювиальные россыпи. В делювиальных и аллювиальных россыпях золото находится в рыхлых и слабоцементированных приповерхностных отложениях временных потоков, ручьев и рек. Золотые руды образуют здесь рудные пласты и струи. Золото находится в них в виде различной степени окатанности зерен, пластин, чешуек и других форм, величиной обычно 0,1–4,0 мм, иногда крупнее, вплоть до самородков массой в десятки килограммов.

Золото в россыпях бывает свободное и в сростках с кварцем, сульфидами и другими минералами, с которыми оно ассоциировано в коренных рудах.

Содержание Au в промышленных россыпях от 100–150 мг/м^3 до десятков граммов на кубический метр, иногда больше. Пробность – 800–960, иногда меньше, что указывает на принадлежность коренного месторождения к малоглубинной формации или на его незначительную эродированность.

На территории Забайкалья россыпные месторождения золота, как сказано выше, известны с XIX века. Они развиты в тех же районах, где находятся месторождения коренных руд золота. Это крупнейшие Карийские россыпи, Шахтаминская, Ундинская, Кручининская и другие. За XIX – начало XXI вв. (до 2007 г. включительно) только в Читинской области добыто более 430 тонн россыпного золота. Наряду с золотом в россыпях промышленное значение могут иметь также такие минералы, как шеелит, платиноиды, циркон, монацит, титаномагнетит, ильменит, рутил, алмаз и другие минералы, особенно ювелирные разновидности корунда (рубин и сапфир), гранаты и другие прочные и тяжелые минералы.

Типы **россыпных** месторождений: аллювиальный, эллювиальный, прибрежно-морской, гетерогенный, геотехногенный.

По запасам золота (т) коренные месторождения подразделяют: на уникальные и весьма крупные – более 400, крупные – 400–100, средние – 100–25, мелкие – менее 25; россыпные – на

уникальные – более 50, весьма крупные – 50–5, крупные – 5–1, средние – 1–0,5, мелкие – менее 0,5.

Россыпи по содержанию золота (г/м^3) делят на богатые – 1–2 и более, рядовые – 1–0,3, бедные – 0,3–0,05. По размеру золотин (мм) россыпное золото подразделяют на крупное (4–1), среднее (–1–0,5), мелкое (0,5–0,1), тонкое (– 0,1).

10.1.4.3. Особенности первичных и геотехногенных руд россыпных месторождений.

Среди россыпей Забайкалья за более чем полуторавековой период их разработки четко обособилось две их группы. Одна, существенно меньшая – **первичные**, почти не затронутые разработкой, и существенно большая, включающая неоднократно отрабатывавшиеся, **геотехногенные**.

Еще в 1930-х годах академик А.Е. Ферсман назвал геохимическую деятельность человека **техногенезом**. Академик Н.А. Шило россыпи, возникающие «... в результате неизбежных потерь полезного ископаемого в процессе отработки месторождений других генетических типов» [Шило, 2002, с. 424] назвал техногенными. Этот же термин используется П.А. Калашниковым [1970], например, при обосновании необходимости вторичной переработки Ундинской россыпи, известной с 1828 года.

Однако этот термин не полно отражает генетическую сущность таких россыпей. Только механическое перемещение масс горных пород с помощью технических средств в процессе любых антропогенных воздействий на ландшафт и его геологический субстрат не является конечным фактором их преобразования. Участие всего многофакторного комплекса преобразований обломков горных пород и минералов, составляющих рыхлый материал россыпей, включающего измельчение и воздействие на них в процессе рыхления, перемещения и обогащения различными физическими и химическими агентами, приводит не только к нарушению сплошности обломочного материала, но и к механохимическим изменениям, а также делает их открытыми для более интенсивных минералого-геохимических преобразований.

2 2.0.11183

Читинская областная
БИБЛИОТЕКА
им. А.С. Пушкина

В отвальных хвостах активизируется деятельность бактерий и других микроорганизмов. Продукты метаболизма оказывают существенное влияние на силикатную (силикобактерии) и рудную (различные тионовые, железобактерии и др.) составные части россыпей. Это приводит к разрушению сульфидов, образованию серной кислоты, миграции и перераспределению всех рудных компонентов, включая золото, осаждающееся на локальных геохимических барьерах с образованием новых частиц его и дорастанием мелких до размеров, способных извлекаться гравитационными методами обогащения.

Кроме того, в результате сезонного таяния и замерзания отвальных хвостов и целиков первичных россыпей, изменения водного режима происходит перераспределение рыхлого материала и формирование участков разубоживания и обогащения в преобразованных россыпях. Фактически в результате непрерывно действующих климатических, собственно геологических и минералого-геохимических факторов за время с момента прекращения разработки первичной россыпи до начала ее новой разведки и отработки происходят существенные изменения.

Поэтому обосновано и введено в научный оборот наряду с техногенезом понятие **геотехногенез** [Юргенсон, 2000, 2004; Yurgenson, 2004]. Геотехногенные процессы частично рассмотрены в **Главе 6**.

Особенности геотехногенных процессов как факторов состояния геоэкологических систем рассмотрен нами ранее [Юргенсон, 2004]. Явление геотехногенеза проявляется в равной мере как в отвалах разработки россыпей, так и коренных месторождений. Например, даже освоение одного месторождения полезного ископаемого сопровождается огромным перемещением атомов, их рассеиванием на большие расстояния и (или) концентрированием на различного рода геохимических барьерах. А.И. Перельман [1989] отмечает, что в результате деятельности Джидинского ГОКа в Республике Бурятия был установлен геотехногенный поток молибдена, вольфрама, золота и других элементов длиной более 200 км, связанный в значительной степени с аварийными сбросами фабрики и периодическими размывами хвостохранилищ.

Месторождения, образованные потерями полезного ископаемого в процессе его добычи, в формировании которых важную роль играет геотехногенез, предложено называть **геотехногенными** [Энциклопедия Забайкалья, 2003]. Среди них по источнику рыхлого материала выделяют **геотехногенные россыпи**, образовавшиеся в результате разработки россыпей и преобразования отвальных хвостов и целиков, и **геотехногенные месторождения**, являющиеся преобразованными хвостами обогащения руд коренных месторождений.

Обобщенная характеристика геотехногенных россыпей приведена ниже. В пределах исторических горнорудных районов Восточного Забайкалья (Широкинско-Аркиинском, Ильдикано-Быстринском, Нерчинско-Заводском, Дарасунском, Карийском и других) известно множество золотоносных россыпей, разрабатывавшихся неоднократно. Средние параметры этих россыпей таковы: длина – 3000–6000 м, ширина 30–70 м, мощность пластов 1–1,8 м, содержание золота – 400–3000 мг/м^3, пробность – 850–910, остаточные запасы – 200–1000 кг, редко более. Линейная продуктивность составляет 100–300 кг/км, крупность –1,0+0,2 мм (10–70%). К числу высокопродуктивных геотехногенных россыпей могут быть отнесены, например, Будюмканская и Лугиинская, по р. Средняя Борзя и другие.

Анализ данных минералогических исследований золотоносных песков, разрабатывавшихся в XIX–XX вв. Карийских, Кручининских, Ундинских и других россыпей в Забайкалье, проведенных в лаборатории минералогии ЗабНИИ П.Е. Пашигоревой, С.А. Береговой и А.А. Лисовской под руководством автора в 1980–1995 гг. (более 1500 шлиховых проб), показал, что в основном не извлеченным оказывается мелкое золото (мельче 0,5 мм). Доля его составляет в среднем более 60% от общей его массы, выявленной в пробах указанных геотехногенных россыпных месторождений. Это связано с тем, что гравитационными методами с использованием различных шлюзов наиболее полно извлекаются золотины крупнее 0,25 мм, а не извлеченными, в основном, остаются золотины мельче 0,1 мм. При размерах 0,1–0,25 мм извлечение составляет 40–60%

[Золото Бурятии, 2004]. Распределение по классам крупности в технологических хвостах дано на рис. 10.4, 10.5.

В изученных пробах установлены в единичных случаях мелкие самородки (до 2–3 мм), крупное золото, чаще в форме чешуйчатых, так называемых «плавучих», золотин толщиной до 0,02–0,05 мм, различного состава амальгам.

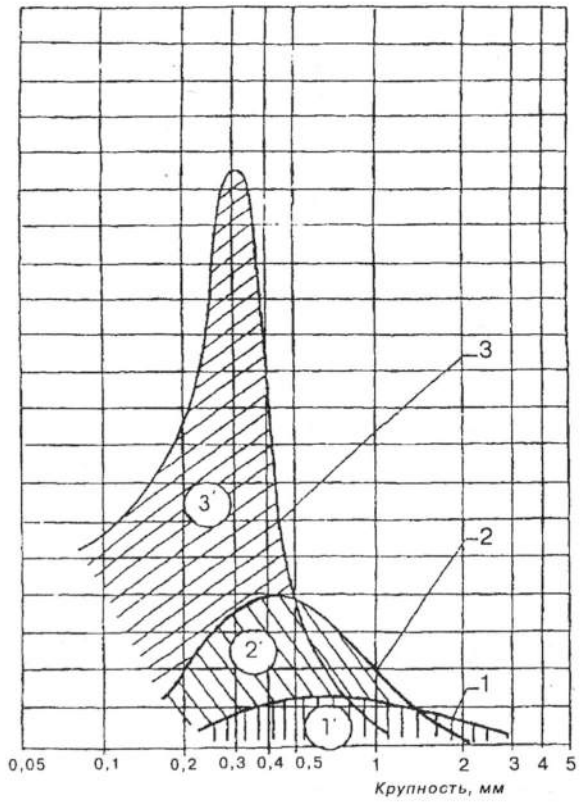


Рис. 10.4. Распределение золотин по классам крупности в хвостах обогащения на шлюзах (1,2,3) и относительная величина технологических потерь (1',2',3') [Золото Бурятии, 2004].

Россыпи с золотом: 1 – крупным, 2 – средней крупности, 3 – мелким.

Установлены также комковидные, почкообразные, под микроскопом микросферолитовые или микрозернистые агрегаты золота величиной до 0,1–0,3 мм, в единичных случаях – до 1,0 мм. Облик и внутреннее их строение позволяют предполагать, что они относятся к современным новообразованиям. Подтверждением такой интерпретации их образования служит присутствие включений слоистых силикатов и углистого вещества.

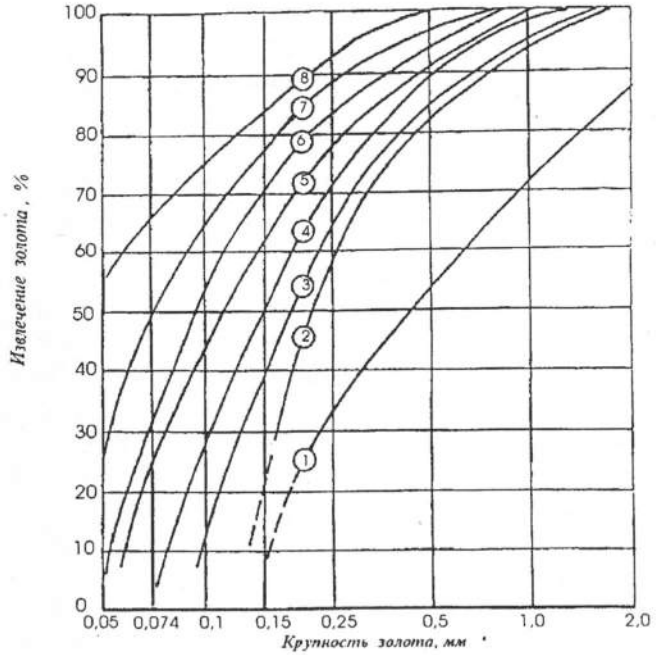


Рис. 10.5. Извлечение золота различной крупности при обогащении песков россыпных месторождений [Золото Бурятии, 2004].

1 – шлюзами глубокого наполнения длиной 6 м промприбора ПГБ-1-1000; 2 – шлюзами глубокого наполнения длиной 27 м промприбора ПГШ; 3 – шлюзами мелкого наполнения длиной 9 м; 4 – дражными шлюзами длиной 9 м; 5 – ШНРК (шлюзами с непрерывной разгрузкой концентрата); 6 – отсадочными машинами длиной 2 м; 7 – отсадочными машинами длиной 3 м; 8 – развитой технологией обогащения.

Среднее содержание золотин крупностью менее 0,5 мм по рассмотренным геотехногенным россыпям составляет 63,69% при среднеквадратичном отклонении 9,52%. Эти данные свидетельствуют о незначительных отличиях в содержаниях золотин этого класса крупности.

Для сравнения приведем описание **Большекоруйской** аллювиальной долинной россыпи золота, расположенной в Калганском районе Забайкальского края, открытой в 1970 году и разведаной в 1981–1984 годах. По сводке И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2003], долина р. Большой Коруй имеет длину 40 км (р. Малый Коруй – 10 км), ширину 800–2000 м и три надпойменные террасы. Форма ее корытообразная. Мощность долинных отложений 9–15 м и увеличивается снизу вверх по долине. Золотоносный пласт приурочен к нижним горизонтам аллювия – верхней части делювия и литологически не выделяется. Россыпь линейно вытянутая и в плане приурочена к пойме. По длине, ширине и в вертикальном разрезе выявлено чередование слабозолотоносных участков с обогащенными. Выделены три участка: 1 – длина 464 м, ширина 700 м, запасы песков – 15,9 %, Au – 7,1 %; 2 – длина 2912 м, ширина 51 м, запасы песков – 68 %, Au – 88,7 %; 3 – длина 404 м, ширина 31 м, запасы песков – 15,2 %, Au – 4,2 %. Участки подготовлены для открытой раздельной отработки. Продуктивный пласт имеет длину 3780 м, ширину 14–104 м (ср. 52 м), мощность – 0,5–6,5 м (ср. 1,9 м), площадь 194927 м^2. Мощность торфов 5–14,5 м (ср. 8 м). Коэффициент вскрыши – 4,3 м. Торфа представлены илисто-глинистыми отложениями с песком и дресвой и гравийно-галечными отложениями с песком, дресвой, глиной. Запасы Au в торфах 0,3 %. Плотик представлен разрушенными гранитами и гранодиоритами юрского возраста, известняками и сланцами приаргунской серии юры. Пески представлены песчано-гравийно-галечным аллювием. Гранулометрический состав песков (%): частиц размером < 0,14 мм – 4,7; 0,14–0,315 мм – 3,2; 0,315–0,63 мм – 3,3; 0,63–1,25 мм – 5,3; 1,25–2,5 мм – 9,7; 2,5–5 мм – 23,1; 5–10 мм – 19,4; 10–20 мм – 16,3; 20–50 мм – 14,5, > 50 мм – 0,5. Ситовой анализ Au (%): частиц размером < 0,1 мм – ср. 0,63; 0,1–0,3 мм – 13,7; 0,3–0,5 мм – 35,9; 0,5–1,0 мм – 47,31; 1,0–3,0 мм – 2,46. Содержание Au в бло-

ках 590–533 мг/м^3. Преобладает комковидное, полуокатанное золото желтого, золотисто-желтого цвета с неровной бугристой и шероховатой поверхностью. Пробность 918. Среднее содержание золотин размером менее 0,5 мм – 50,23%. Балансовые запасы категории C_1 песков – 362,7 тыс. м^3, Au – 537,2 кг. По участку Малый Коруй учтены забалансовые запасы категории C_1 песков – 198,9 тыс. м^3, Au – 44,7 кг (сод. 225 мг/м^3), категории C_2 – 70,4 тыс. м^3 и 46,8 кг.

10.1.4.4. Геотехногенные россыпи как важный источник минерального сырья.

Геотехногенные россыпи развиты повсеместно и составляют около 30% всех запасов в районах дражных разработок. По экспертной оценке Б.И. Беневольского и Т.П. Швецова, ресурсный потенциал геотехногенных россыпей России составляет 57% от накопленной добычи золота. По данным Г.С. Мирзеханова [2005], перспективы геотехногенных россыпных месторождений золота только юга Дальнего Востока России можно оценивать в объеме 10–200% от изъятых запасов. Ценность этих ресурсов возрастает, если они содержат также и попутные компоненты при условии возможности их извлечения без существенных дополнительных затрат. Например, в геотехногенных образованиях юга Дальнего Востока согласно того же Г.С. Мирзеханова совместно с золотом находятся платина, вольфрамит, шеелит, касситерит, магнетит, ильменит, циркон, монацит, рутил, ксенотим, тантало-ниобаты, хромит, киноварь. В некоторых золотоносных россыпях приутствуют выбрасываемые в хвосты ювелирные камни. К ним относятся альмандин (Чернушинская россыпь в Улетовском районе Забайкальского края), гиацинт (Кручининская россыпь в Читинском районе); сапфир и гиацинт в отработанных золото-вольфрамовых россыпях Незаматнинского рудного узла в Приморье (Э.Г. Одариченко, 2005 г.), образуют промышленные скопления, ресурсы корунда в которых составляют от 976 до 1796 кг, что не менее чем в 200 раз увеличивает запасы России по сапфировому сырью; топаз находится в хвостах отработки

олово-вольфрамово-висмутоносных россыпей в Шерловогорском рудном районе, горный хрусталь – в геотехногенной Китемяхтинской золотоносной россыпи прииска им. XI лет Октября (Каларский район Забайкальского края). В последнее время неуклонно возрастает интерес к скандиевому сырью, используемому во многих отраслях промышленности, особенно в качестве различных лигатур. Особый интерес к нему проявляют Китай и страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В шлихах рыхлого материала отработки Кручининской россыпи в ее части, примыкающей к одноименному железо-титан-фосфорному месторождению выявлены высокие коцентрации титаномагнетита (до 70 кг/м^3), содержащего в среднем 14 г/т скандия. В этих же шлихах присутствуют амфиболы, содержащие до 66 г/т скандия. Судя по огромным объемам техногенной горной массы, пригодной для дражной разработки с целью добычи остаточного золота, возможно извлечение количества скандиеносного сырья для обеспечения ее рентабельности, если учесть, что стоимость скандия на мировом рынке в 1998–1999 гг. составляла $ 18–25 за грамм.

10.1.4.5. Классификация геотехногенных россыпей.

Геотехногенные россыпи (техногенные по Н.А. Шило) подразделяются им на две главные группы – целиковые и актированные площади. Кроме того, он выделяет еще заиленные и заэфельные площади. Среди первых выделяются бортовые целики, внутриконтурные (при открытом способе) и охранные (при подземном), а также площади с незачищенными и недоработанными песками. Среди актированных площадей выделены отвальные, торфяные, галечные, эфельные. Распределение означенных составных частей дано на рис. 10.6.

Причинами образования геотехногенных россыпей являются технологические и эксплуатационные потери полезного ископаемого, а также оставление различного рода целиков как внутри полигона, так и в его прибортовых частях, где прямолинейные границы полигона не совпадают с извилистыми флангами россыпи.

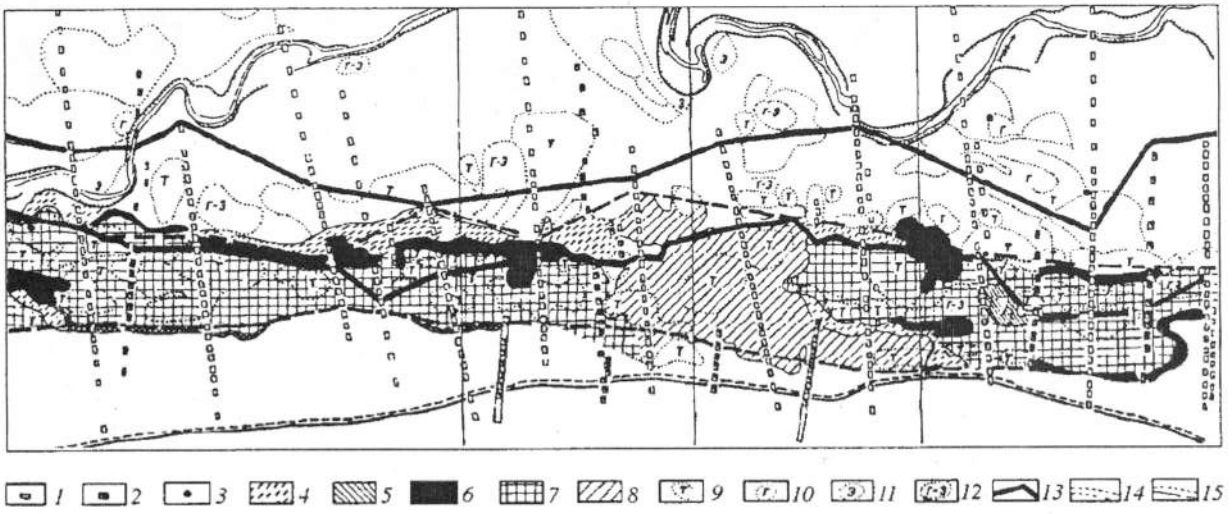


Рис. 10.6. Соотношение аллювиальной и геотехногенной россыпей в долине руч. Туманный (басс. р. Колыма) (по: [Шило, 2002]), с изменениями авторов.

1–2 – шурфы основной и повторной разведки; 3 – валовые пробы; 4 – частично вскрытые участки россыпи; 5 – частично отработанные пески; 6 – незачищенные пески; 7–8 – отработанные пески и актированные площади открытой и подземной разработки; 9–11 – отвалы торфов, галечные, эфельные; 12 – галечно-эфельные отвалы; 13 – контур вновь разведанной геотехногенной россыпи; 14 – контур аллювиальной россыпи; 15 – граница аллювия.

10.1.5. Способы добычи и переработки руд.

Коренные месторождения золота разрабатывают подземным и реже открытым способами. Россыпные месторождения отрабатывают дражным, скреперно-бульдозерным, экскаваторным и гидромеханизированным способами. В исключительных случаях при глубоком залегании россыпей или в условиях мерзлоты их отрабатывают подземным способом.

Разработка россыпей производится дражным и гидравлическими, гидромеханизированными способами. Для добычи золота дражным способом используются драги – специальные плавающие комплексно-механизированые горно-обогатительные агрегаты с многочерпаковым рабочим органом для подводной разработки россыпей, извлечения из них полезных компонентов и укладки пустого рыхлого материала в отвал. Проблемы дражной разработки континентальных россыпей, каковыми яаляются золотоносные россыпи Забайкалья, рассмотрены в специальной работе [Костромин и др., 2007].

Особенностью условий залегания россыпей в Забайкалье является почти повсеместно развитая многолетняя мерзлота, а также среднегодовая отрицательная температура, обусловленная коротким летом. Поэтому в связи с обводненностью осенью россыпи промерзают и в естественных условиях оттаивают лишь в июле – августе, и далеко не полностью. Это обусловливает необходимость проведения специальных мероприятий для предохранения россыпей от промерзания.

Гидравлический или гидромеханизированный способ предназначен для разработки россыпей с предварительным снятием вскрышных горных пород или рыхлых отложений, не содержащих промышленных концентраций полезных компонентов, так называемых торфов, и размывом продуктивных отложений, так называемых песков, с помощью напорной струи воды, перемещением их на обогатительные установки (бутары, шлюзы и тому подобные) для извлечения полезных минералов.

В отвальных россыпях может находиться материал торфов, надпластовых золотоносных галечников, неучтенных разведкой, но захваченных отработкой ответвлений главных струй россыпи, материал висячих пластов, содержащих то или иное

количество полезных минералов, и другие, неучтенные, а значит и непереработанные фрагменты россыпей. Концентрации и количество полезного компонента, находящиеся в отвальных россыпях, связаны в основном с эксплуатационными потерями.

Галечно-эфельные отвалы всегда содержат то или иное количество полезных компонентов, оставшихся после переработки песков. Эти потери зависят как от технологических факторов, так и от геологических особенностей россыпей. Тем не менее, все они относятся к технологическим потерям. В этих отвалах полезные компоненты по Н.А. Шило [2002] представлены классами крупности полезного компонента, характерными для россыпи в целом. Но это справедливо, в основном, для высокоглинистых россыпей или их участков. По его же данным, основные потери приходятся для золота на классы – 1,0 мм (до 50%).

Заиленные площади – это пониженные части россыпи или частично, лишь сверху отработанные участки в контурах запасов, впоследствии занесенные илом. Заэфельные участки россыпи представляют собою покрытые эфельно-галечным отвалом неотработанные фрагменты россыпи, по тем или иным причинам не попавшие в контур промышленных запасов. Технологические потери ценного компонента особенно велики при разработке глинистых и высокоглинистых россыпей из-за несовершенства существующих приборов дезинтеграции, грохочения и обогащения. Эти потери достигают величин 50% и более. Характерным примером такого рода потерь полезного ископаемого могут служить дражные разработки Урала, Западной и Восточной Сибири, Алтая, Забайкалья и других районов золотодобычи.

Значительная часть потерь полезного ископаемого обусловлена особенностями строения, минерального и гранулометрического состава вмещающего рыхлого материала россыпей, а также формой и размерами извлекаемого полезного минерала. Опыт разработки многих россыпей, в частности Западной Сибири, Алтая, Забайкалья, Колымы и других регионов, показывает, что многократная, иногда до 4–7 (Лугия в Восточном Забайкалье) раз, переработка отвалов дает значительное количество металла. Причем часто величина добытого ценного

компонента мало изменяется. Это свидетельствует об относительном постоянстве технологических потерь металла. Их причинами являются как присутствие в золотоносных песках существенных количеств глинистых минералов, образующих трудно размываемые пласты, так и достаточно широко развитые скопления гидроксидов железа, нередко ассоциирующих с глинами, захватывающих и удерживающих мелкое золото. Кроме того, значительную роль играют формы и размеры золотин. Существует проблема так называемого плавучего золота. Методы извлечения мелкого золота еще не разработаны.

Полнота отработки рудоносных пластов существенно зависит также от правильности определения контуров запасов в результате их разведки. В Сибири, частью Канаде, полнота отработки, а иногда и просто сама ее возможность зависит от распространенности мерзлоты.

Извлечение рудного материала из россыпей широко варьирует. Рассмотрение причин этого находится за пределами рассматриваемого курса. Интересующихся этой проблемой и дражной разработкой россыпей мы отсылаем к работе [Костромин и др., 2007].

Подготовку руд к переделу производят обогащением сырья с применением комбинированных технологий. К ним относятся гравитационные и флотационные методы.

Эти методы применимы к рудам с относительно крупным свободным золотом (гравитационные) и находящимся в сростках с сульфидами (флотационные). При переработке сульфидных руд, в которых золото находится в свободном виде и (или) ассоциированном с сульфидами, применяется цианирование в сочетании с флотацией. Для извлечения золота из бедных руд используется кучное выщелачивание с последующим выделением золота из его растворов. Получение золота в общем случае производится в две стадии. Для извлечения золота рудный концентрат обрабатывается при доступе воздуха разбавленным раствором NaCN. При этом золото переходит в раствор, из которого затем выделяется металлическим цинком. Для повышения извлечения золота цианированием растворитель обрабатывают энергетическим воздействием (электрическим током, ультразвуком и др.). Для перевода золота в раствор

могут быть использованы иод-иодидные растворители. Иногда для интенсификации растворения золота используют сильные физические воздействия на пульпу, например, ультразвук или электрические разряды [Лимберова и др., 2007].

В качестве собирателей золота из растворов применяют также ионообменные смолы, тонкодисперсное углеродистое вещество (активированный уголь). Так получают черновые сплавы, содержащие различные примеси. Очистка золота от них производится действием горячей серной кислоты или царской водкой с последующим избирательным осаждением, например, сульфатом железа, хлорированием в расплаве или растворе (хлоринация) и электролитическим рафинированием в солянокислом растворе. В процессе аффинажа получают химически чистое золото, которое затем в зависимости от областей использования переводится в сплавы различных составов и пробности.

10.1.6. Месторождения золота в Забайкалье.

10.1.6.1. Краткая история открытий и добычи.

Как сказано выше, первое золото из Нерчинской руды было получено в 1714 году Иваном Мокеевым в Москве в пробирной палатке в результате переплавления сырого серебра, добытого из полиметаллической руды Крестовского месторождения. Это были первые граммы российского промышленного золота. До этого золото в промышленных количествах пытались получить из золотоносного кварца Воецкого рудника на Севере Европейской части России. Но попытка окончилась неудачей.

Наиболее интенсивная добыча золота в Забайкалье приходится на вторую половину XIX, XX и XXI века. В Нерчинском горном округе, в основном, охватывавшем современный Забайкальский край и почти всю Бурятию, главная масса золота, начиная с 1832 года, добывалась из россыпей. Добыча производилась сначала государственными, кабинетскими, структурами, а с середины XIX века и вольными частными предпринимателями. Первые промышленные россыпи были открыты в Восточном Забайкалье в бассейнах Унды А.И. Кули-

биным не позднее 1828 года и Куэнги в долине ручья Кучертай в 1832 году штейгером Мартемьяновым. На территории Бурятии, в «Баргузинской тайге в бассейне р. Ципы и Ципикана (добыча) началась уже в 1844 г.» [Золото Бурятии, 2004, с. 5]. На севере Бурятии россыпная золотоносность по р. Каралон, левому притоку Витима, была открыта в 1898 году.

Весь последующий опыт поисков и разведки месторождений золота в Забайкалье вывел этот регион в один из важнейших в стране его источников.

10.1.6.2. Рудно-формационная классификация месторождений.

В Забайкалье выявлены почти все известные рудно-формационные типы месторождений золота. Именно здесь были открыты крупнейшие месторождения малоглубинной золото-серебряной (Балейское рудное поле) и золото-кварцево-сульфидной (Дарасунское, Зун-Холбинское) рудных формаций.

На огромной территории Забайкалья, характеризующейся специфическими условиями геологического развития, проявлено большинство промышленно-генетических типов месторождений золота. Они, в основном, распространены в соответствии с её структурно-формационным и минерагеническим районированием. Для неё характерна некая субмеридионально-субширотная северо-восточной направленности симметрия, отображающая положение в пространстве трансрегиональных зон глубинного заложения и обрамляемых ими выступов фундамента, представляющих собою в разной мере преобразованные фрагменты древних литосферных плит или террейнов. Золотое и сопряженное с ним молибденовое, висмутовое, полиметаллическое оруденение приурочено к их краевым частям, где наиболее проявлены их взаимодействия с зонами разуплотнения, благоприятными для магмо- и флюидопотоков глубинного происхождения.

На уровне организации распределения рудных формаций установлено, что в терригенных и черносланцевых толщах преимущественно развиты месторождения золото-кварцевой

формации, мера связи которых с конкретным проявлением магматизма ясна не всегда, так как они могут быть удалены от магматического источника. Золото в этих месторождениях, как правило, свободное, относительно высокопробное и крупное.

Месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации почти всегда находятся в материнских интрузивных магматических телах, имея прямые пространственно-генетические связи с синхронными с ними дайковыми комплексами, содержащими нередко те же рудные минералы, что и рудные тела. Золото здесь также преимущественно свободное, относительно крупное и высокопробное. Но существенная часть его может быть связана с сульфидами, сульфосолями и теллуридами.

Месторождения золото-кварцево-сульфидной формации обычно локализованы в сингенетичных, но более ранних субвулканических образованиях, нередко сопровождаются эруптивными брекчиями или локализованы в них. Главная масса золота в них находится в составе сульфидов, из которых выделяется с трудом. В верхних частях оно рассеяно в тонкодисперсных теллуридах, нередко входящих в состав пирита и других сульфидов. Для руд этой формации во многих случаях типичен мышьяк как в арсенопирите, так и в составе сульфосолей. Глубина формирования их значительно меньше, чем золото-сульфидно-кварцевых при значительной (до километра) протяженности рудоносных жил по вертикали.

Месторождения малоглубинной золото-серебряной формации могут быть локализованы как в очень слабо метаморфизованных терригенных, так и вулканогенных горных породах. Они представлены жилами или жильными зонами, сложенными плохо упорядоченным кремнеземом (опал, халцедон, халцедоновидный кварц), ассоциирущим со слоистыми силикатами, адуляром, карбонатами, низкопробным золотом, золото-серебряными интерметаллическими соединениями (электрум), сульфосолями серебра и меди, ртути, теллуридами, селенидами, сульфидами. Жилы отличаются упорядоченным строением, четкой последовательностью минералообразования. Они, как правило, содержат высокие концентрации золота и серебра, соотношение которых вариабельно; золото чаще всего

преобладает. Другая особенность этих жил заключается в высоком содержании щелочных металлов. Типохимическими из них являются калий и литий. Возможно присутствие существенных содержаний рубидия и цезия.

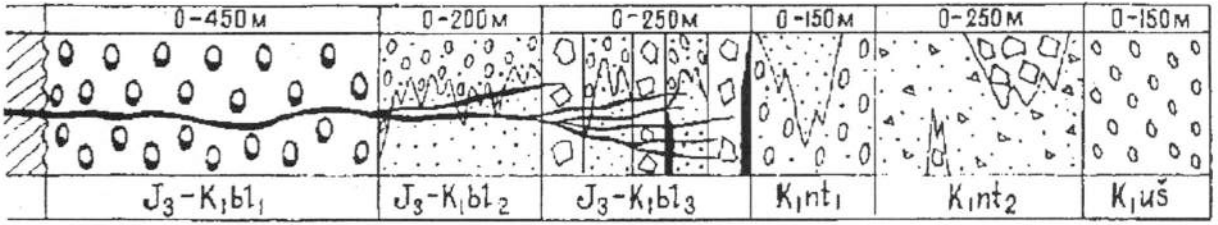
Они отличаются очень высокой сосредоточенностью богатых руд на вертикальном интервале до 300 метров. Неглубокое залегание от дневной поверхности и высокие концентрации полезных компонентов на небольших глубинах определяют высокую экономичность их отработки открытым способом.

В начале XXI века Забайкалье вносит существенный вклад в пополнение золотого запаса страны, добывая ежегодно порядка 11–12 тонн золота.

10.1.6.3. Месторождения малоглубинной золото-серебряной формации.

К этой формации относятся месторождения Балейского рудного поля, по запасам и добытому количеству золота являющиеся уникальными и крупнейшими в России.

Балейское месторождение находится в пределах г. Балей, в правом борту долины р. Унда. Оно представляет собою составную часть Балейского рудного поля, локализованного в одноименном грабене, являющемся в свою очередь частью Ундино-Даинской депрессии, одной из впадин забайкальского типа. Она заполнена вулканогенноосадочными отложениями юрско-мелового возраста. В низах её залегают эффузивы среднего состава шадоронской серии, непосредственно перекрывающие древнюю кору выветривания на ундинских гранитах палеозойского возраста. На вулканитах шадоронской серии залегает толща терригенных осадков мелового возраста, заключающая позднемеловые эруптивные брекчии. Разрез меловых отложений балейского грабена имеет ритмичное сложение (рис.10.7.). Он начинается с конгломератов, обломочная часть которых сложена продуктами выветривания ундинских гранитов (нижнебалейская свита). Затем следуют песчаники, переслаивающиеся с конгломератами, вверху преобладающие (среднебалейская свита) по разрезу и фациально сменяющиеся



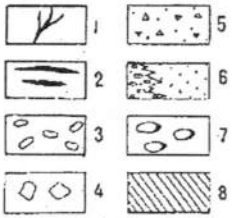


Рис. 10.7. Стратиграфическая схема терригенных отложений Балейской впадины (по В.Г. Хомичу и С.В. Чеглокову).

1 – золотокварцевые жилы; 2 – тела надрудных кремневидных образований; 3 – золотоносные конгломераты; 4 – конгломератобрекчии; 5 – дресвяники, гравелиты, мусорные горные породы; 6 – гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 7 – конгломераты; 8 – горные породы основания впадины.

алевролитами и аргиллитами. Выше следует толща, сложенная мощными и протяженными горизонтами брекчий и конгломерато-брекчий со слоями плохо сортированных песчаников, алевролитов, гравелитов и конгломератов между ними (верхнебалейская свита). В нижней части её имеется прослой туфов среднего состава, а базальный горизонт брекчий этой толщи залегает на предыдущей с хорошо выраженным несогласием. Эта балейская свита включает Тасеевское месторождение, а Балейское локализовано в нижележащих гранитоидах, представленных метасоматически переработанными гранодиоритами. Выше залегают конгломераты и конгломератобрекчии новотроицкой свиты, сменяющиеся в пределах грабена толщей плохо сортированных песчаников, дресвяников, мусорных пород и конгломератобрекчий (верхненовотроицкая свита) с горизонтом вулканитовых разногалечных конгломератов в основании (нижненовотроицкая свита). Третья серия – толща золотоносных Каменских пестроцветных конгломератов.

Точная дата первой находки коренной золотоносности на месторождении неизвестна. Первые официальные сведения Я.А. Макерова о кварцевых жилах с низкопробным Au относятся к 1922–1923 годам. А.К. Мейстер в 1926 году указал на золотоносность жил, С.В. Паншин в 1927 году на Золотой Горке обнаружил бедные золотоносные кварцевые жилы. Разведка жил проведена В.И. Кадровым и в 1928–1930 гг. привела к открытию богатых золотоносных жил в гранодиоритах. Месторождение изучалось В.И. Ерофеевым, Н.И. Горностаевым, Б.Л. Степановым, П.В. Митрофановым, В.Я. Мостовичем, С.Н. Березовским, Н.Я. Кудряшовым, С.В. Чеглоковым, Н.В. Петровской, П.С. Бернштейном, В.Г. Хомичем и др.

В 1929 году основан Балейский рудник.

Структура рудного поля дана на рис.10.8. Месторождение представляет собой штокверк, образованный сетью золотоносных кварцевых жил, секущих гранодиориты, формирующие выступ древнего фундамента Балейского грабена. Среди рудных тел и их сообществ выделяются приуроченные к концентрическим нарушениям, образующие пологие зоны и рудные жилы, и их системы, залегающие в крутопадающих разрывных трещинах-перемычках. Рудные тела в концентрических

зонах (рис.10.9) представляют собой серии линзообразных непротяженных и маломощных золотоносных кварцевых жил. Вторая группа рудных тел, находящихся в разрывных трещинах-перемычках, имеет сложное строение. Они ветвятся, изгибаются, переходят в серии разноориентированных прожилков. Залегание их крутое, почти вертикальное, контакты четкие, неровные. Протяженность рудных тел – до первых десятков метров, часто – меньше. Мощность – первые десятки сантиметров, очень редко – до 1 метра.

Жилы состоят из халцедоновидного до среднезернистого полосчатого массивного, реже пластинчатого и гребенчатого кварца (50–99% объема), пирита, арсенопирита, халькопирита, блеклых руд, самородного низкопробного золота, пираргирита, миаргирита, теллуридов серебра (гессит) и золота (калаверит), висмута (рис. 10.10). Постоянно присутствуют карбонаты (0,1–20%), слоистые силикаты, главным образом хорошо упорядоченный каолинит (0,1–20%), иногда – адуляр (0,1–20%). Общее количество сульфидов достигает 0,5–5%. Пробность Au 680–780. Соотношение Au и Ag в рудах – 1:2–1:3. Содержание Au в рудах широко варьирует, достигая 318 кг/т руды. Возраст оруденения 120–140 млн. лет.

В пределах месторождения находятся два участка – Северный и Южный. С 1929-го года, когда был создан комбинат «Балейзолото», из недр Северного участка (1929–1962 гг.) добыто подземным способом 51,3 т золота при средних содержаниях в руде 21,0 г/т при норме 10–15 г/т. За 1938–1962 гг. из недр Южного участка подземным способом добыто 35,0 т (среднее содержание – 15,9 г/т). Оба участка в 1962–1983 гг. повторно отработаны карьерами. Общая добыча из недр Балейского месторождения составила согласно учтенным данным 140 тонн золота. Месторождение отработано не полностью, в связи с продолжением золотоносных структур на территорию г. Балей. В жильных телах, опробованных нами до затопления карьера, содержание золота было в пределах промышленных.

Тасеевское месторождение находится на южной окраине г. Балей, в долине р. Унда, частью под ее руслом, в непосредственной близости от Балейского месторождения золота, составляя с ним уникальное по запасам и концентрации

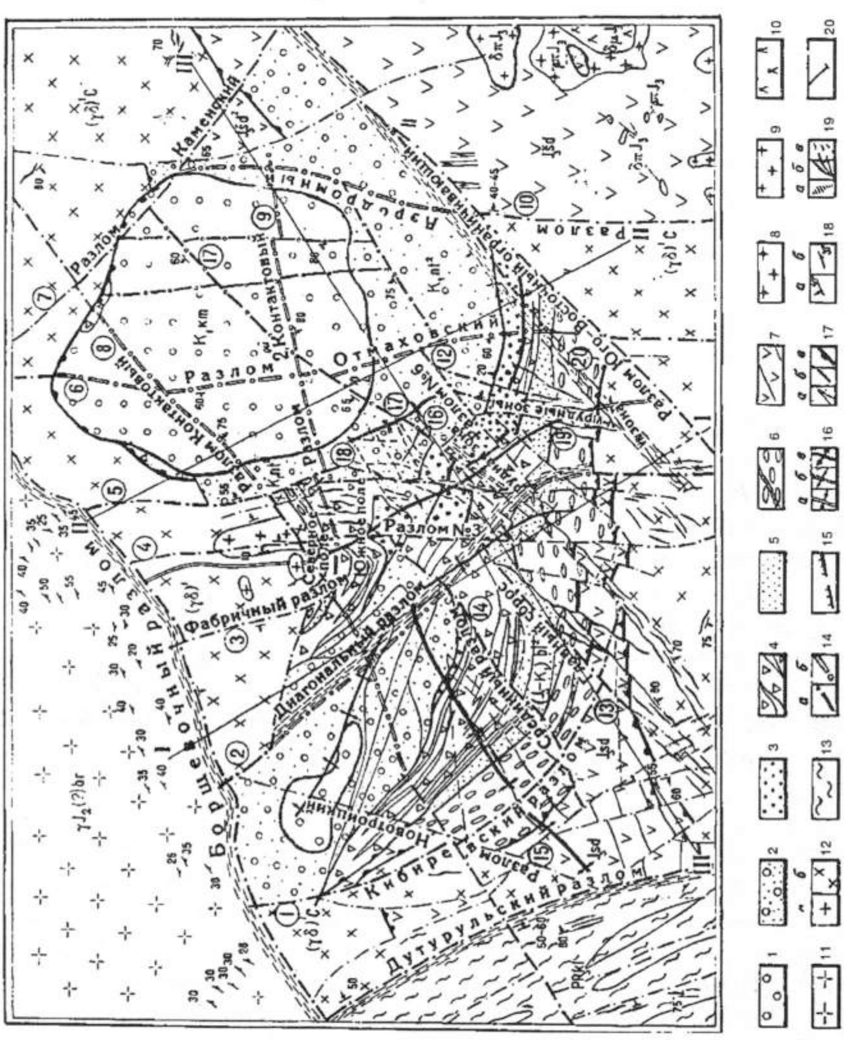

Фабричный разлом
Диагональный разлом
Разлом №3
Дутурульский разлом
Отмаховский
Разлом Каменский
Разлом Контактовый
Аэродромный

Рис. 10.8. Геолого-структурная карта Балейского рудного поля. По: [Балейское рудное ..., 1984].

1–6 – верхний структурный этаж; 1–3 – нижнемеловые свиты: 1 – нижнеундино-шилкинская (каменская) конгломератовая (K_1us); 2 – верхненовотроицкая (K_1nt^2) – дресвяники, конгломераты, мусорные породы, брекчии, песчаники, алевролиты; 3 – нижненовотроицкая (K_1nt^1) – вулканомиктовые конгломераты, гравелиты, песчаники; 4–6 – верхнеюрско-нижнемеловые свиты: 4 – верхнебалейская (J_3-K_1bl^3) – конгломерато-брекчии с прослоями конгломератов, песчаников, алевролитов; 5 – среднебалейская (J_3-K_1bl^2) – песчаники с прослоями конгломератов и гравелитов, алевролитов; 6 – нижнебалейская (J_3-K_1bl^1) – конгломераты с прослоями песчаников; 7–11 – средний структурный этаж: 7 – шадоронская серия (J_3sd) нерасчлененная – туфопесчанки, туфоконгломераты, туффиты, туфо- и лавобрекчии среднего состава, андезитовые и андезито-базальтовые лавы; 8–10 – субвулканический комплекс: 8 – гранодиорит-порфиры ($\gamma\delta\pi J_3$); 9 – диоритовые порфириты ($\delta\pi J_3$); 10 – диорит-монцониты ($\delta\mu J_3$); 11 – борщовочный комплекс ($\gamma J_2^2 br$) порфировидных гранитов); 12–13 – нижний структурный этаж: 12 – ундинский гранитоидный комплекс ($\gamma\delta C$): лейкократовые граниты и гранит-аплиты (а), диориты, гранодиориты, граниты (б); 13 – метамофические образования кулиндинской свиты (PR_3kl); 14–18 – элементы структуры: 14–15 – разломы I порядка и II–III порядков: 14 – установленные, выходящие на поверхность (а), перекрытые (б); 15 – пологие тектонические зоны; 16 – оси складок – в нижнем (а), среднем (б), верхнем (в) структурных этажах; 17 – границы горизонтов (а), свит (б) и структурных этажей (в); 18 – элементы залегания – слоистости, контактов пород, нарушений (а), полосчатости интрузивных пород (б); 19 – оруденение (жилы, жильные зоны): а – кварц-турмалиновые, сульфидно-кварцевые, фрюорит-кварцевые; б–в – золото-халцедон-кварцевые жилы: б – выходящие на эрозионный уровень, в – слепые и перекрытые; 20 – линии разрезов; цифрами обозначены разломы: 1 – Кибиревский, 2 – Диагональный, 3 – Фабричный, 4 – Разлом № 3, 5 – Разлом № 1, 6 – Отмаховский, 7 – Каменский, 8 – Контактовый, 9 – II Контактовый, 10 – Аэродромный, 11 – Юго-Восточный ограничивающий, 12 – Разлом № 6, 13 – Главный сброс, 14 – Срединный разлом, 15 – Новотроицкий, 16 – III зона, 17 – Промежуточная зона, 18 – IV зона, 19 – V–VI зоны, 20 – VIII зона.

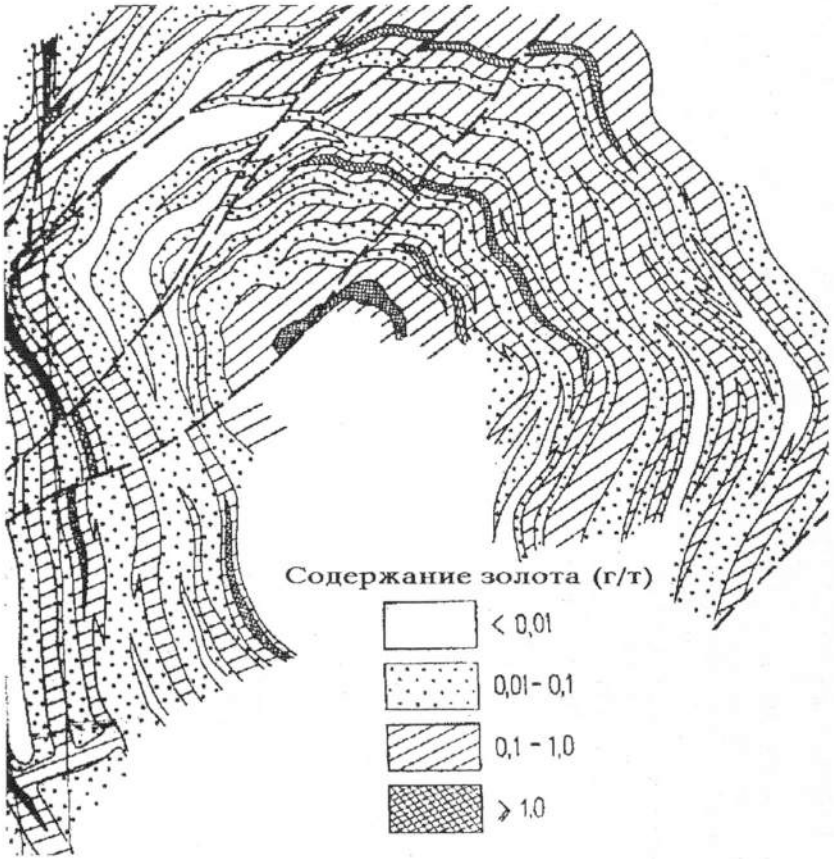


Рис. 10.9. Концентрически-зональное распределение золота в горизонтальной проекции купола рудовмещающих гранодиоритов. Северный карьер. По Г.А. Юргенсону и Р.В. Грабеклису [Месторождения Заб., 1995].

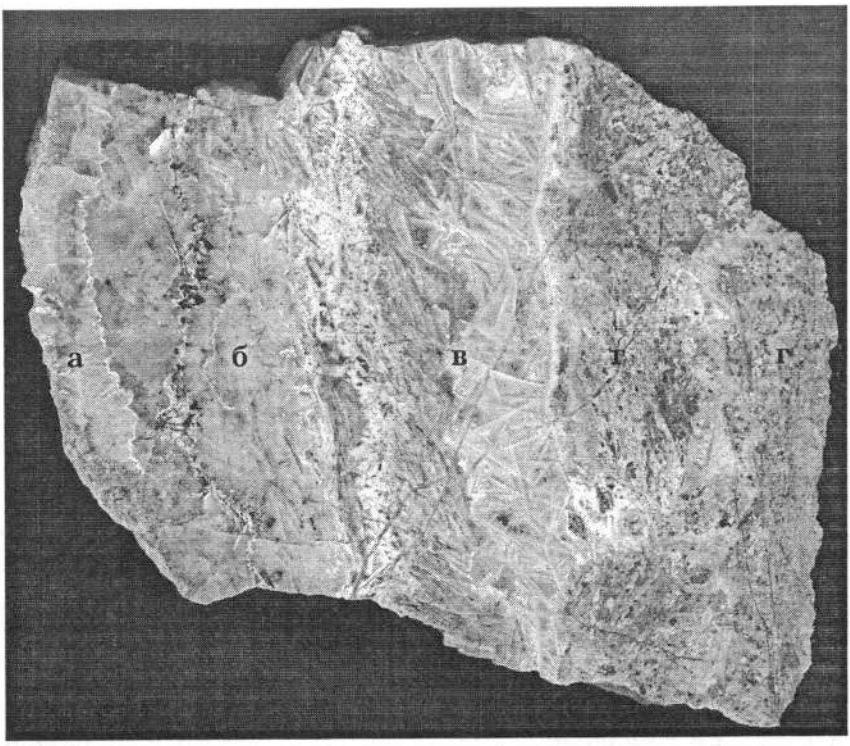


Рис. 10.10. Распределение структурно-текстурных разностей жильного рудоносного кварца в направлении от контакта к осевой части жилы: полосчатого (а), массивного (б) и пластинчатого (в); г – вмещающий окварцованный гранит. Темно-серые включения – низкопробное золото. Северный карьер. Фото автора.

золота Балейское рудное поле, иногда называемое Балейско-Тасеевским месторождением. Открыто при проведении целенаправленных поисково-разведочных работ в 1941 году, которые в период Великой Отечественной войны были приостановлены. Квершлагом из шахты № 8 на 254-м метре от ее устья 27.12.1947 года была подсечена кварцевая жила № 1 с содержанием золота 315 г/т.

За вклад в открытие и разведку Тасеевского месторождения золота С.Н. Березовскому, И.С. Витковскому, Н.Я. Кудря-

шову, И.С. Рожкову, П.С. Титову была присуждена Сталинская (Государственная) премия СССР.

В разведке и изучении месторождения в разное время принимали участие В.С. Алексеенко, М.Г. Андреева, П.С. Бернштейн, А.Ф. Воросов, А.И. Евдокимов, Н.С. Землянский, В.И. Кадров, Н.А. Китаев, М.И. Кмит, М.И. Колычев, И.И. Коноплев, В.И. Лозовский, С.С. Максимов, В.В. Осин, Л.И. Петрачков, Н.В. Петровская, В.И. Твердышев, В.Е. Тупяков, В.Г. Хомич, С.В. Чеглоков, Г.А. Юргенсон и др.

Месторождение локализовано в южной части Балейского грабена, сложенного осадочно-вулканогенным комплексом юрско-мелового возраста. Северо-восточный, северный, юго-западный и южный борта грабена в пределах рудного поля и его фундамент сложены гранитоидами ундинского комплекса. Месторождение представлено восемью сравнительно выдержанными жильными рудными зонами северо-восточного и субмеридионального простирания (см. рис. 10.8.). Они представляют собой совокупность крупных стволовых жил, апофиз и сопровождающей прожилковой минерализации вмещающих пород. Наиболее мощные зоны прожилкового оруденения локализуются в песчаниках верхнебалейских свит, выполняющих грабен. Эти зоны имеют в осевой части рудоносные стволовые жилы, сопровождающиеся серией субпараллельных жил и систем прожилков, образующих оруденелые зоны (1-я, 3-я, 4-я). На рис. 10.11 даны возрастные взаимоотношения горных пород и жильных образований, а на рис. 10.12 – принципиальная модель жил и зон. Длина по простиранию – от сотен метров до 1,5 км, редко – более. Мощность золотоносных жил варьирует от десятых долей метра до нескольких метров при содержании золота от первых граммов до сотен граммов на тонну. Мощность золотоносных зон достигает 100 метров при содержании золота 1,0–15 г/т. Повышенные концентрации золота в кварцевых жилах находятся на гипсометрическом уровне 126–216 метров от земной поверхности и ограничиваются зоной промышленного оруденения до 250–300 метров по падению, как это показано на рис. 10.12.

Установлено, что на участках разреза, где жилы пересекают горизонты, содержащие алевролиты и аргиллиты, служащие

естественными механическими и физико-химическими барьерами на пути движения рудоносных водо-силикатных расплавов, мощность жил и содержание в них золота, серебра и других рудных компонентов резко возрастает (рис. 10.12 и 10.13). Жилы и жильные зоны нередко имеют сложное строение, вследствие интенсивной пострудной тектоники (рис. 10.14).

Кварцевые жилы состоят из кварца (до 99%), карбонатов (до 30%), слоистых силикатов (до 10–15%), адуляра (редко до 1–5%), пирита, арсенопирита, марказита, бертьерита, халькопирита, бурнонита, пираргирита, миаргирита, фрейбергита, стефанита, тетраэдрита, золота, калаверита и др. Содержание золота широко варьирует, достигая 346 кг/т руды. Пробность золота 600–780, в основном – 680–780. Золото тонкозернистое, главная масса золотин – менее 0,17 мм. Встречались крупные листовые или таблитчатые кристаллы 20x10x3 мм, иногда пластинчатые каркасы. Золото и ассоциирующие с ним сульфиды преимущественно образуют тонкие (0,1–1,0 мм, редко – до 7 мм) слои в слоистом кварцевом агрегате (рис. 10.15). Наиболее продуктивен слоистый жильный кварц. В нем в направлении от контактов жил к их осевым частям чередуются силикаты, рудные минералы и кварц.

Руды месторождения труднообогатимы. Для извлечения золота применялся метод цианирования. Отработка руд подземная. В последующем предполагается разработка целиков, надрудных и околорудных зон карьером. Содержание золота в целиках по отдельным жилам достигает килограммов на тонну жильного материала (например, жила 28 на горизонте 266 м, шахта 10, где толщина слоев золота в кварце достигает 2–3 мм). В течение 1956–1989 гг. добыто 225,02 т золота при среднем содержании 20 г/т. Добыча золота была прекращена в 1993 году. Шахты затоплены. Запасы золота по состоянию на 01.01.1998 около 90 тонн. На самом деле оставшиеся запасы могут составлять более 110 тонн золота и примерно столько же серебра. Тасеевское месторождение относится к уникальным по запасам и концентрациям золота.

К рассматриваемой формации условно можно отнести небольшое, очень слабо изученное **Боровушкинское** месторождение золота и серебра, входящее в состав Дарасунского рудного узла.

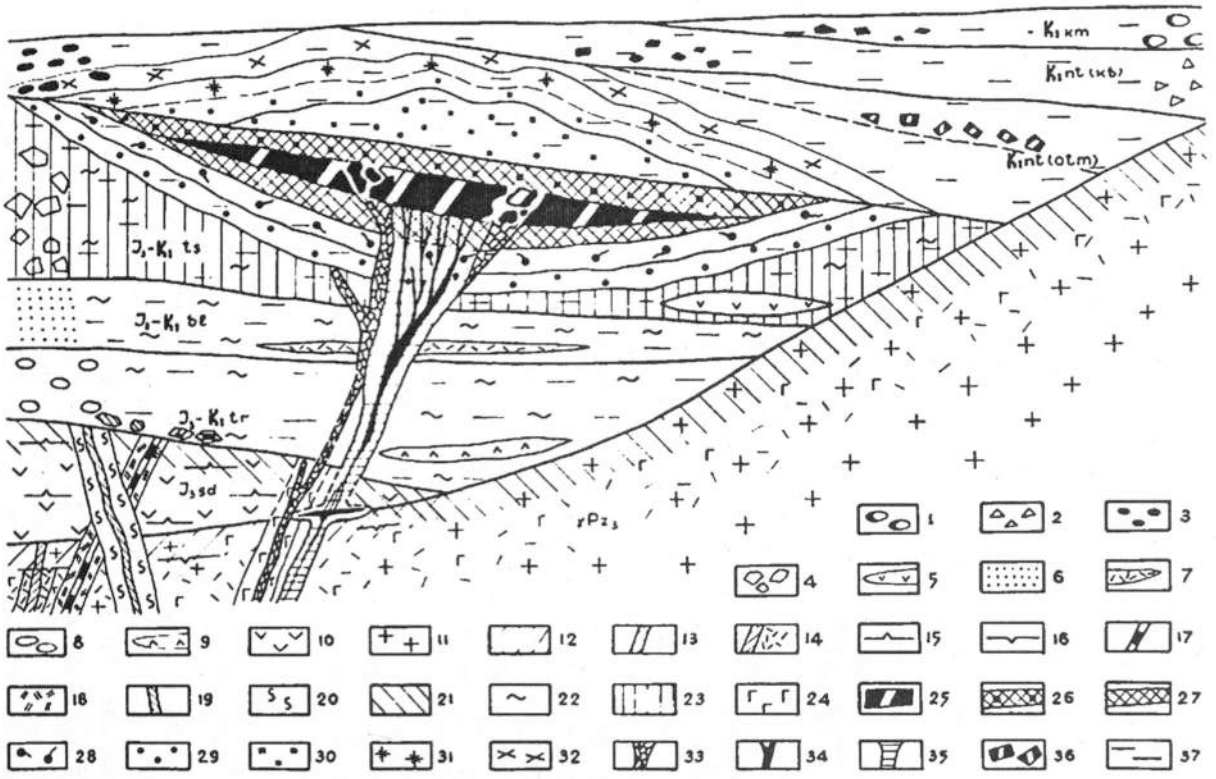


Рис. 10.11. Последовательность и типы преобразований горных пород Балейского рудного поля:

1–9 – верхний структурный этаж (K_1). 1–2 – послерудный ярус: 1 – валунно-галечные конгломераты, кеменская свита; 2 – гравелиты, грубозернистые песчаники, новотроицкая свита, кибиревская подсвита; 3 – синрудный ярус, мелкогалечные вулканомиктовые конгломераты, новотроицкая свита, отмаховская подсвита; 4–9 – дорудный ярус: 4 – фангломераты, тасеевская свита; 5 – туфобрекчии андезитового состава; 6 – равнозернистые песчаники, балейская свита; 7 – пепловые туфы кислого состава; 8 – валунно-галечные конгломераты, тергенская свита; 9 – андезито-базальты и порфириты; 10 – средний структурный этаж (J_3) – осадочно-вулканогенные образования, шадоронская серия; 11 – нижний структурный этаж (Pz_3) – верхнепалеозойские гранитоиды, ундинский интрузивный комплекс; 12–37 – преобразования пород и оруденение: 12 – предверхнеюрское выветривание, гидрослюдисто-хлорит-монтмориллонитовая и гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовая ассоциация; 13–14 – раннекиммерийская эпоха: 13 – кварц-молибденитовые и золото-сульфидно-кварцевые жилы, 14 – окварцевание гранитоидов; 15 – автометасоматоз вулканитов, серицитизация и карбонатизация плагиоклазов; 16 – контактовый метаморфизм гранитоидов, перекристаллизация минералов предверхнеюрской коры выветривания; 17–20 – позднекиммерийская эпоха: 17 – кварц-турмалин-сульфидные жилы, 18 – березитизация гранитоидов, 19 – флюорит-халцедон-кварцевые жилы, 20 – аргиллизация гранитоидов и вулканитов; 21 – преднижне-меловое выветривание, гидрослюдисто-хлорит-монтмориллонитовая ассоциация, карбонатизация, обохривание; 22 – эпигенез осадочной толщи, региональные постседиментационные преобразования, регенерация кварца, гидрослюдизация биотита и полевых шпатов; 23 – формация коры выветривания, переотложенные минералы древних кор выветривания; 24 – пропилизация, связанная с нижнемеловым вулканизмом; 25–32 – комплекс предрудных метасоматитов эпитермального рудогенеза: 25 – кремневидные кварцы, 26 – пористые кварцевые метасоматиты с сульфидами, 27 – пористые кварцевые метасоматиты с сульфидами; 27 – пористые кварцевые метасоматиты, 28 – кварц-каолинитовые образования; 29 – аргиллизация, 30 – сульфидизация, 31 – антимонит, 32 – реальгар и аурипигмент; 33 – раннерудные эксплозивно-инъекционные брекчии; 34 – золото-халцедон-кварцевые, эпитермальные рудные жилы; 35 – околожильные изменения главных стадий эпитермального рудного процесса, окварцевание, карбонатизация, аргиллизация, пиритизация, адуляризация; 36 – эрозионные обломки предрудных метасоматитов и эпитермальных золоторудных жил; 37 – послерудные преобразования, карбонатизация.

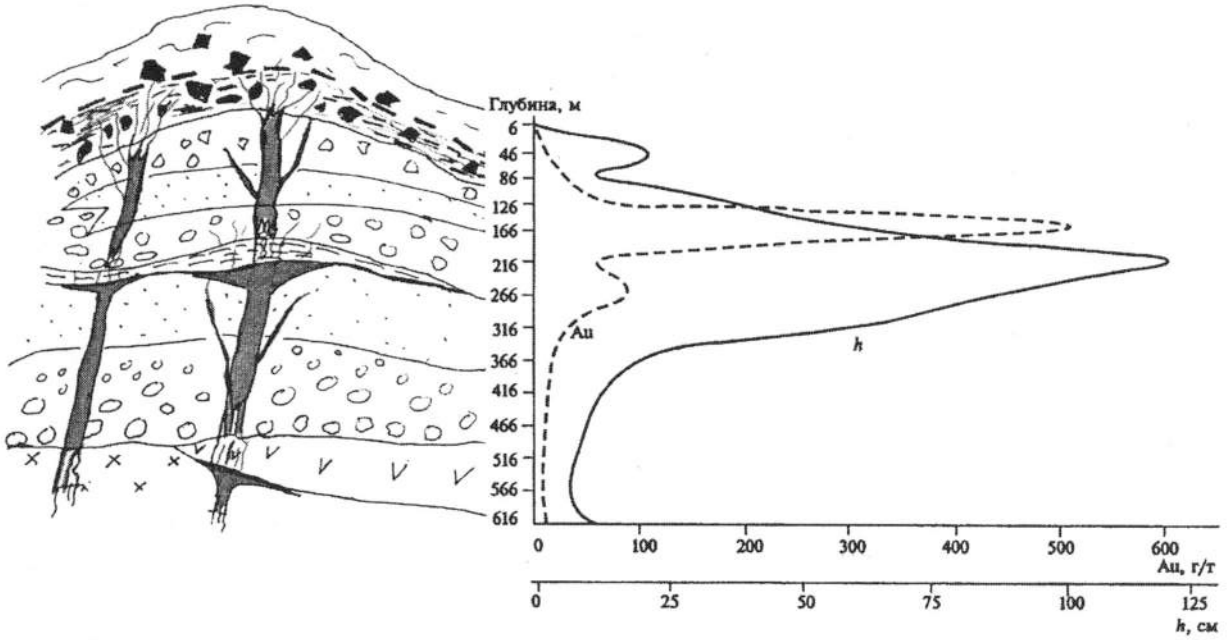


Рис. 10.12. Принципиальная геогенетическая модель стволовых жил и рудоносных зон малоглубинного месторождения.

Темно-серым показана стволовая жила с апофизами, секущая алевролит-песчаниково-конгломератовую толщу. Показана экранирующая роль андезитов шадоронской серии (внизу) и алевролитов, на границах которых мощность жилы (h) и содержание золота (г/т, пунктирная линия на графике) резко возрастают.

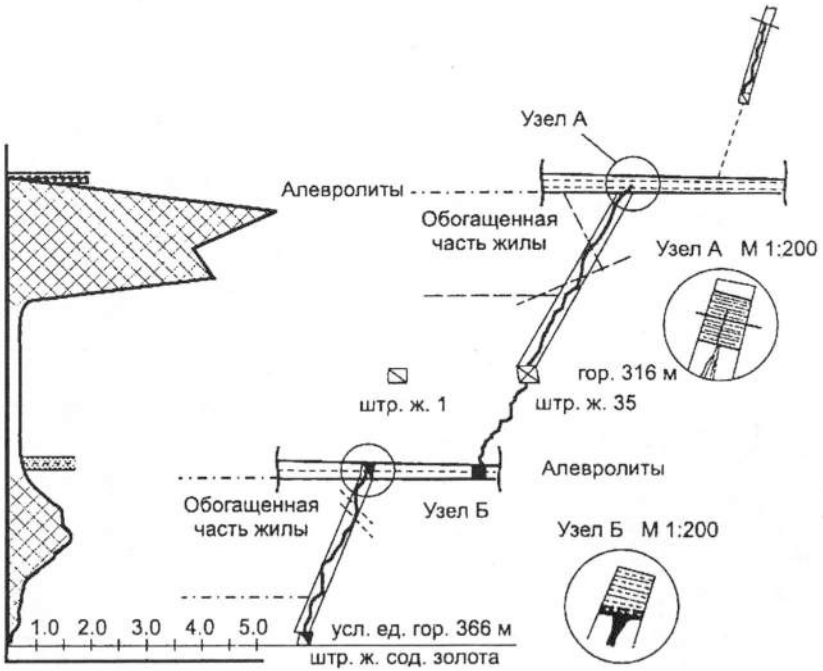


Рис. 10.13. Резкое увеличение содержания золота на нижней границе слоя алевролитов. Жила 33, горизонт 366 м. По В.Г. Хомичу и А.Ф. Воросову.

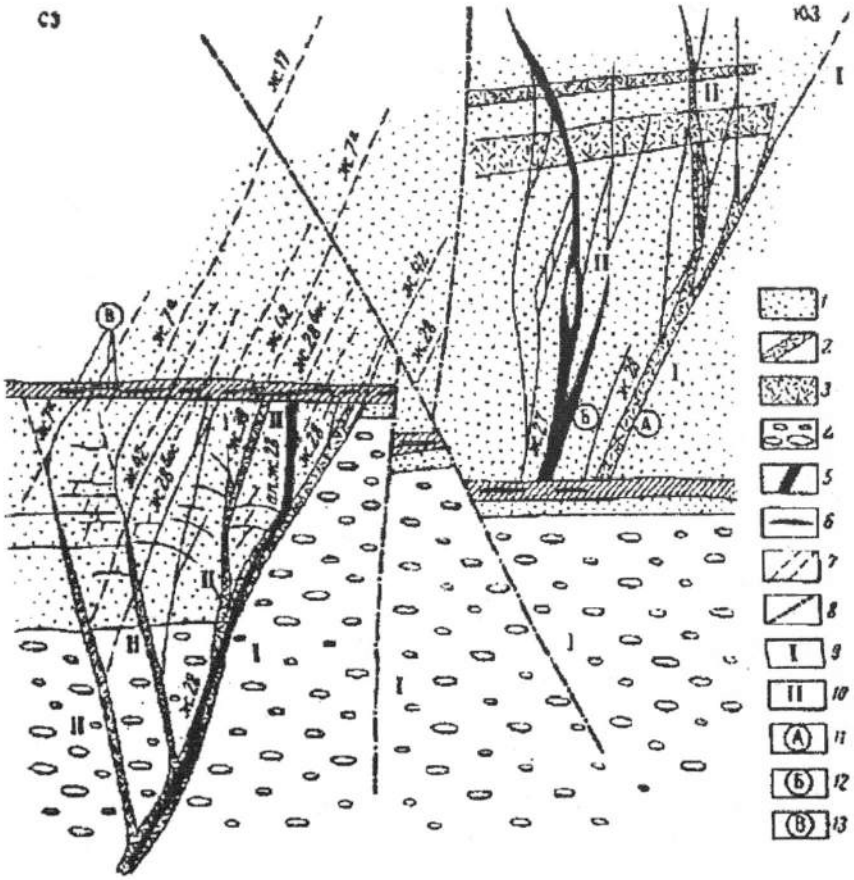


Рис. 10.14. Многократное смещение фрагментов золотоносной жилы вследствие пострудных тектонических подвижек. По: [Лозовский, 1967].

1 – песчаник балейской свиты; 2 – массивный кварц; 3 – кремневидный кварц; 4 – конгломерат тергенской свиты; 5 – полосчатый кварц; 6 – зона дробления с линзовидными прожилками кварца; 7 – предполагаемое продолжение жил; 8 – сбросы; 9 – трещины скола; 10 – трещины отрыва; 11 – первый этап формирования жил; 12 – второй этап формирования жил; 13 – поздний этап минерализации.

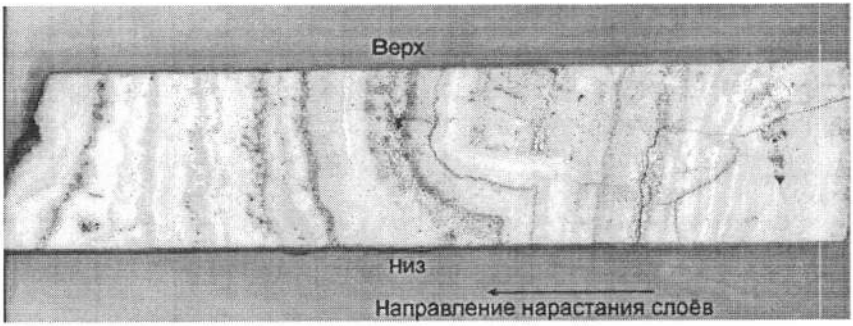


Рис. 10.15. Ритмично-слоистый агрегат рудоносного кварца Тасеевского месторождения. Темно-серые тонкие слои обогащены золотом. Виден обломок раннего фрагмента жилы, находившийся во взвешенном состоянии в рудоносном водосиликатном расплаве. Рудная зона I, гор 266 м, обр. 298-ю. Натуральная величина.

Оно расположено в 15 км к юго-западу от пос. Вершино-Дарасунский, на водоразделе левых притоков р. Жарча – падей Банная и Боровушка, в лесистой местности. Открыто в 1970-м году в результате планомерных геолого-геофизических работ А.И. Шадриным и В.В. Локотко. Описание дается по В.В. Локотко [Энциклопедия Забайкалья, 2003]. Месторождение находится в пределах Восходовско-Жарчинской структурно-металлогенической зоны. Вмещающие горные породы – граниты, гранодиориты палеозойско-раннемезозойского возраста. Рудные тела – кварц-сульфидные жилы северо-западного простирания, юго-западного крутого падения. Протяженность жил 0,7–2 км (3 тела). Выявлен также и ряд коротких (до 100 м) жил и зон. Средняя мощность жил – около 1 метра. Минеральный состав рудных тел – кварц (80–90%), сульфиды (10–20 %), в том числе: пирит, арсенопирит, галенит, редко халькопирит. Присутствуют также сульфосоли, овихит, золото, самородное серебро. Кварц белый, мелко-тонкозернистый.

В 1979–1982 гг. ЧГУ (Ю.А. и Л.П. Губа) скважинами и штольнями на двух горизонтах разведано из известных рудных тел только одно (жила № 3). Распределение промышленных

интервалов в плоскости рудных тел столбообразное, средние содержания золота в подсчетных блоках от 7 до 14 г/т, серебра – от 1,6 до 900 г/т. Пробность золота 820–860. Попутные компоненты – Ag, S. Руда обогащается по схеме, принятой для Дарасунского месторождения. Не разрабатывается. Предполагается обнаружение новых рудных тел на северо-западном фланге.

Кроме этих месторождений малоглубинной золото-серебряной формации, известны проявления с неясными перспективами. К ним в пределах Балейского рудного района относятся Куниканское, где известна серебряная минерализация, вскрытая короткой штольней, и ряд выходов халцедоновидного кварца, отношение которых к надрудным частям месторождений этой формации неизвестно. Кроме того, на той же Куниканской площади рекомендуются глубинные поиски месторождения подобного типа. Однако, результаты многолетних буровых работ, проведенных в 1990-е годы, не вскрыли оруденения на глубинах, позволяющих ожидать малоглубинное оруденение, а кварц зон слабого окварцевания на предмет его отношения к месторождениям малоглубинной золото-серебряной формации изучен не был.

В Балейском рудном районе зафиксированы проявления халцедоновидного кварца, с которым ассоциируют флюорит, антимонит, арсенопирит и другие сульфиды (например, **Налимиха**, водораздел падей **Кочниха-Хариха**, **Гребень Горы Монастырской** и другие). Содержание золота и серебра в некоторых из них достигает пяти граммов на тонну. Специальное изучение кварца на предмет отношения этих выходов халцедоновидного кварца к надрудным или верхнерудным месторождениям малоглубинной золото-серебряной формации показало, что они относятся не к ним, а к месторождениям малоглубинной золото-кварцево-сульфидно-флюоритовой формации [Юргенсон, 2005–2007].

Перспективы золотого оруденения малоглубинных формаций следует связывать наряду с известной малоглубинной золото-серебряной с новой малоглубинной золото-кварцево-сульфидно-флюоритовой формацией, выявленной в **верховьях р. Кручина** в бортовой части **Кручининской депрессии**. Месторождением, принадлежащим к этой формации, может оказаться

Верхнекручининское месторождение флюорита, на южном фланге которого обнаружено золото-серебряное оруденение [Юргенсон, 2005–2007]. Продуктом выветривания, эрозии и переотложения золота одного из участков Верхнекручининского рудного поля являются частью отработанные в конце 1990-х – начале 2000-х годов россыпи верхней части р. Кручина и по пади **Большая Зубкоша** (дореволюционный прииск Веселый). Разработаны критерии отнесения геологических объектов к этой формации [Юргенсон, 2005–2007].

В Республике Бурятия также имеются перспективы обнаружения месторождений малоглубинной золото-серебряной формации, связанной с верхнемезозойской тектоно-магматической активизацией. По данным геологической службы Республики Бурятия, они могут быть выявлены в пределах **Гусино-Удинской** структурно-минерагенической провинции, входящей в Селенга-Витимскую структурно-минерагеническую зону. Здесь [Золото Бурятии, 2004] выявлено 34 объекта, где в халцедоновидном кварце, иногда ассоциирующим с адуляром и (или) флюоритом, содержится в тех или иных количествах золото. Они находятся, как правило, на периферии или в пределах впадин забайкальского типа, что указывает на подобие условий их локализации с Балейским и Тасеевским месторождениями. Это прежде всего Хилок-Чикойская, Боргойская, Гусиноозерская и Тугнуйская впадины. Нижний структурный этаж этих впадин сложен, как и в Балейском грабене, палеозойскими гранитоидами, а мезозойский – эффузивно-пирокластическими образованиями (хилокская, ичетуйская, галгатайская и другие свиты) юрско-мелового возраста и континентально-озерными отложениями гусиноозерской серии нижнего мела.

Бедное золотое оруденение известно в пределах Хилок-Чикойской впадины, где выделено **Петропавловское** рудное поле. Основная масса кварца, содержащего золото, находится в пределах горы Кварцевой. Здесь среди агломератовых туфов развиты жилы и прожилки в основном халцедоновидного или молочно-белого кварца, образующего подобие каркаса, но не содержащего золота. Его относят к дорудному. Главный объем рудного штокверка слагают «...жилы (0,1–0,3 м),

жилки (2–5 см), ветвящиеся прожилки (1–5 мм), нитевидные и волосовидные сложно ветвящиеся прожилки. Эти генерации продуктивного кварца (особенно шестовато-гребенчатые, сложно-фестончатые, полосчатые разности) состоят из криптокристаллического кварца, халцедона, адуляра, опала» [Золото Бурятии, 2004]. Особенностью этих образований кремнезема является слишком бедный набор рудных минералов: пирит, арсенопирит, гематит, золото, серебро. О присутствии важнейших типоморфных минералов месторождений малоглубинной золото-серебряной формации – сульфосолях серебра, теллуридах и селенидах указаний в литературе нет. Из 1,5 тысячи анализов бороздовых и задирковых проб лишь в 28-ми установлено содержание золота от 1 до 8 г/т, а в 1246-ти пробах оно обнаружено в количестве 0,1 г/т и менее.

Нет данных о других важнейших критериях принадлежности этого объекта к промышленному месторождению этой формации, изложенных в методических рекомендациях по оценке принадлежности к ней халцедоновидного кварца [Юргенсон, 1987]. Объект разбурен до глубины 200 метров. Положительных результатов не получено. Огромных затрат на геолого-разведочные работы можно было бы избежать и однозначно решить вопрос о целесообразности их проведения и определения перспектив объекта, если бы еще в 1980-х гг. был бы использован специальный «Способ поисков и разведки близповерхностных кварц-золото-серебряных месторождений» [А.с. СССР № 1189244]. Согласно представлениям большинства геологов, изучавших Петропавловское проявление, возможность открытия промышленного месторождения не исчерпана. Используя новую минералого-геохимическую технологию прогнозов и оценки месторождений рассматриваемой формации [Юргенсон, 2007], следует оценить промышленную значимость объекта.

Подобные проявления золотоносного халцедоновидного кварца известны также и на других участках Хилок-Чикойской впадины: в пределах Хойцинского (район с. Бичура), где содержание серебра достигает 40 г/т, Дабатуйского (район с. Дабаты), где содержание золота достигает 7 г/т, Холыйского (вблизи дер. Харалун), Цайдамского участков золотоносных площадей. Золото-серебряно-флюоритовое проявление

Тормьское известно в Боргойской впадине, Гильберинское золото-серебряно-флюоритовое проявление выявлено в Гусиноозерской впадине. Ресурсы разных категорий золота и серебра достигают десятков тонн, но для их подтверждения требуется проведение специализированных минералого-геохимических и буровых работ с учетом современных знаний о геологии, минералогии и условиях и процессах образования месторождений малоглубинной золото-серебряной формации.

10.1.6.4. Месторождения золотокварцевой формации.

Месторождения золотокварцевой формации являются наиболее широко распространенными в пределах Забайкалья. Первые из открытых на этой территории коренных месторождений относятся именно к ней.

Типичными примерами месторождений золотокварцевой формации являются месторождения **Любавинско-Хавергинского** рудного узла. К нему относятся Тарбальджейское, Большой Рензель, Баян-Зургинские, Хамарское, Любавинское, Хавергинское и другие месторождения, разрабатывавшиеся с 1871 по 1991 год. **Любавинское** месторождение расположено в Кыринском районе, в 15 км к северо-востоку от с. Кыра, в непосредственной близости от поселка Любовь и в его окрестностях. Обнаружено мещанином Е.О. Грищевым (Ононская компания братьев Собашниковых) в 1882 году. Участок Евграфовский, или, в соответствии со старинным названием, Евграфовское месторождение, разрабатывалось уже в 1886 году. Разведывалось в процессе отработки Любавинской ГРП ЗабКГРЭ, впоследствии треста «Забайкалцветметразведка» (1969–1980, 1981–1991 гг.). Входит в Любавинский рудный узел. Локализовано в толще песчанико-сланцевых отложений триаса и парагенетически связано с малыми интрузиями гранитов и гранодиоритов кыринского комплекса ранне-среднеюрского возраста, а также дайками гранит-порфиров, кварцевых порфиров, фельзитов и других горных пород позднеюрского возраста, находящихся в зоне влияния Любавинского тектонического разлома. В оперяющих системах трещин локализована преобладающая часть золотокварцевых жил и штокверкового

прожилково-вкрапленного оруденения. Известно семь промышленных участков: 1 – Любавинский, 2 – Геологический, 3 – Евграфовский, 4 – Восточная рудная зона, 5 – Николаевский, 6 – Больше-Федоровский, 7 – Северо-Западная зона, из них 2, 4 и 7 имеют штокверковый характер оруденения. Кроме того, к Любавинскому рудному узлу тяготеют месторождения по Баян-Зурге и другие. Жила Евграфовская, принадлежавшая Останиной и Е.В. Белоголовой, дала наибольшее количество золота. К 1893 году из неё было добыто 1 773,5 кг золота. Главные рудные минералы золотоносных жил и штокверков – кварц (до 99%), арсенопирит, пирит, золото; второстепенные – галенит, тетрадимит, джемсонит, магнетит, сфалерит, кальцит, турмалин, барит; редкие – антимонит, англезит, церуссит, киноварь, шеелит, рутил, висмутин. Тип руды малосульфидный золото-кварцевый (рис. 10.16, 10.17). Содержание Au 0,12–2000 г/т, распределение гнездовое и струйчатое (столбовое). Встречаются ажурные скелетные кристаллы массой до 38 г (рис. 10.18). Среднее содержание в промышленных рудах 36,9 г/т. В связи с крайне неравномерным распределением золота и большими ошибками, вследствие занижения содержаний, получаемых по причине использования бороздового опробования, разработка месторождения периодически прекращалась и возобновлялась только после дополнительных разведочных работ. Месторождение разрабатывалось подземным способом. Все жилы, кроме Николаевской, разрабатывались шахтами. Максимальная глубина разработки согласно проекту – 270 метров, фактически – 180 метров. Руда обогащалась по гравитационно-флотационной технологической схеме. В 1995 году проведено полупромышленное испытание прожилково-вкрапленной руды Северо-Западной зоны в АО ИРГИРЕДМЕТ. Рекомендовано кучное выщелачивание. Основные перспективы связываются с объектами прожилково-вкрапленного типа, применением открытого способа отработки и технологии кучного выщелачивания; на ближайшие годы – с переработкой по этой технологии техногенных образований – хвостов ЗИФ и отвалов бедных руд. Эксплуатировалось с 1882 по 1991 год с перерывами, в период 1969–1991 гг. – непрерывно. С начала разработки добыто 10528 кг учтенного золота.

Хавергинское или Хаверга, Стефановское месторождение также расположено в Кыринском районе, в 12 км к юго-западу от пос. Хапчеранга, в 7,5 км к северо-востоку от рудника Любовь. Описание дается по О.И. Широкому [Энциклопедия Заб., 2006]. Открыто в 1881 году, дайки золотоносных фельзитов – в 1936 году Д.И. Ивлиевым. Отрабатывалось с момента открытия до 1968 года. В связи с истощением запасов, В.В. Пучковым в 1965 году проведены поисково-оценочные работы, которые не дали надежд на существенный прирост запасов. Входит в Любавинский рудный узел. Главной рудоконтролирующей структурой является Сергиевский разлом северо-восточного простирания, а также зона дробления и брекчирования в толще триасовых песчанико-сланцевых отложений. Трещины оперения разлома выполнены дайками

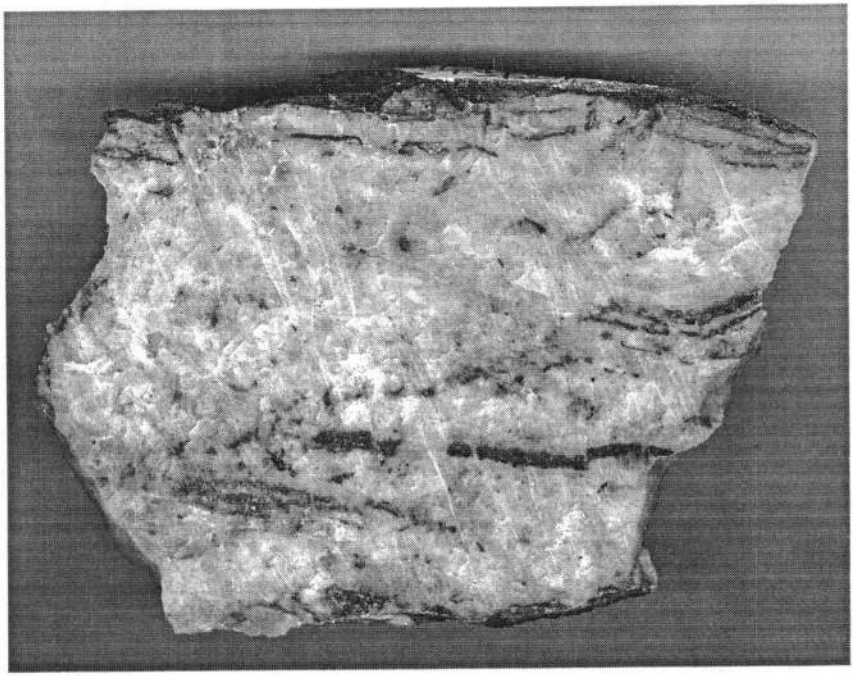


Рис. 10.16. Распределение сульфидов и золота в кварце. Любавинское месторождение. Жила Николаевская.

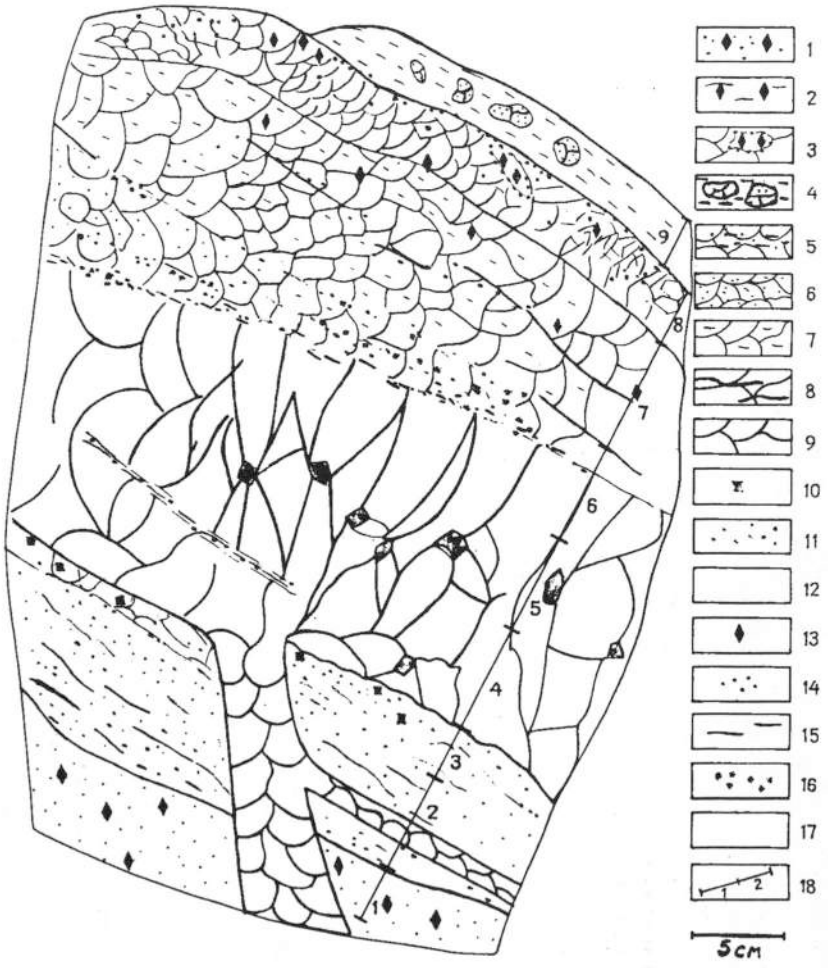


Рис.10.17. Пример строения жилы Николаевской Любавинского месторождения.

1 – березит с арсенопиритом по песчанику; 2 – березит с арсенопиритом по сланцу; 3 – обломки березитизированного сланца; 4 – обломки раннего кварца в милоните по сланцу; 5 – среднезернистый кварц с обломками арсенопиритизированного сланца; 6 – кварц с вкрапленностью арсенопирита;

7 – крупнозернистый кварц с обломками арсенопиритизированного сланца; 8 – пластины сланца в крупнозернистом кварце; 9 – грубозернистый кварц; 10 – кристаллы пирита; 11 – мелкая вкрапленность пирита; 12 – тонкие линзы мелкозернистого пирита по сланцу; 13 – кристаллы арсенопирита; 14 – вкрапленность арсенопирита; 15 – тонкие линзы арсенопирита; 16 – вкрапленность золота; 17 – полости с карбонатами; 18 – интервалы опробования и номера проб.

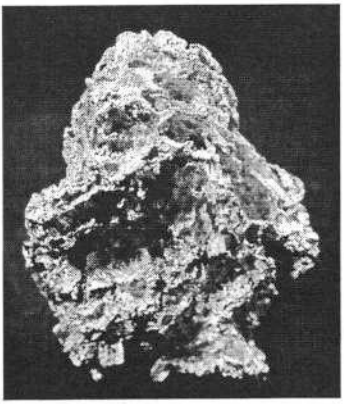


Рис. 10.18. Золотой самородок «Гном». Рудник Любовь. Жила Евграф. Масса 38 г.

и кварцевыми золотоносными жилами. Промышленное значение имели два промышленных участка – Хаверга и Большой Рензель. На первом было известно около 25 жил, в том числе 3 крупных. Содержание золота – до 60 г/т (среднее 20–22 г/т). Оно концентрируется в виде рудных столбов. На втором выявлены четыре сближенных дайки фельзитов и две крупные жилы. Содержание в жилах – до 70 (среднее 11,5) г/т, в дайках – до 10 (среднее 2–5) г/т. Простирание широтное и крутое падение на север. Мощность жил 0,1–2,2 м, даек 2,1–2,8 м, протяженность, соответственно, до 500 и 400 метров. Минеральный состав руд: кварц (до 96%), пирит, пирротин, арсенопирит, золото; второстепенные – галенит, антимонит, биотит, мусковит, хлорит, эпидот. Тип руд – малосульфидный золото-кварцевый. Среднее содержание золота в текущих запасах – 14,6 г/т. Способ разработки подземный. Жила Степановская отработана до глубины 400 метров. Руда

обогащалась по гравитационно-флотационной технологической схеме. Утратило промышленное значение в соответствии с кондициями для подземной отработки. Причина закрытия – малые запасы и низкое содержание золота. Полных данных о добыче нет. За 1957–1968 гг. добыто руды 80,6 тыс. т, золота – 1818 кг. Необходима геолого-экономическая оценка отвалов и хвостов обогащения для кучного выщелачивания.

В Красночикойском районе, на левом склоне долины ручья Киркирот, в 2,5 км выше его впадения в р. Большую, левый приток р. Чикой, находится крупное и с позиций современных технологических возможностей не оцененное **Воскресенское** рудное поле. Описание приводится с использованием данных В.Е. Тупякова [Энциклопедия Забайкалья, 2003]. Известно с 1882 года. Месторождение с 1903 года разрабатывал золотопромышленник И.В. Агеев. Периодически проводились поисковые (1901, 1906, 1946–1952, 1964–1969, 1979–1981 гг.) и разведочные (1901–1947 (с перерывами), 1968–1971 гг.) работы. Активная эксплуатация также производилась периодически по мере менявшихся отношений к месторождению (1907–1910, 1912–1920, 1922–1924, 1926–1929, 1933–1934 гг.). Воскресенское месторождение в ассоциации с месторождением Ернистым и проявлениями Киркиротским, Крауским и рядом близлежащих проявлений, Гремучинским (Гремячинским), Соловинским и другими, образуют Воскресенское рудное поле. Оно приурочено к узкому, вытянутому в субширотном направлении блоку метаморфизованных песчано-сланцевых венд-нижнекембрийских отложений куналейской свиты, который зажат среди гранитоидов палеозойского возраста. Месторождение относится к жильному типу золото-кварцевой формации, пирит-арсенопиритовому минеральному типу. На площади рудного поля выделяется единая зона протяженностью более 600 метров и шириной 150–200 метров. Она состоит из системы жил, прожилков, линз кварца и зоны прожилково-вкрапленной кварцево-сульфидной минерализации при содержании Au в жилах 53,0 г/т. Вскрыто более 40 золотокварцевых жил, прослеженных по простиранию на сотни метров и мощностью 0,5–1,5 метра, увеличивающейся до 20–25 метров в раздувах. Содержание золота –

до 780 г/т. Содержание его в руде (1907–1939 гг.) отходило 10–40 г/т. Пробность золота 867–979. В первые годы И.В. Агеевым месторождение отрабатывалось с помощью канав, шурфов, с дроблением кварца на ручной толчее и промывкой на лотках и бутаре. В 1908 году действовала толчейная фабрика с дроблением руды пятью пестами. Впоследствии эксплуатация производилась штольневым подземным способом. Глубины отработок 75–80 метров, отмечено понижение содержание Au с глубиной. По сохранившимся официальным данным добыто 1173,3 кг золота. Месторождение законсервировано. Рудное поле изучено неполно. Возможно открытие новых промышленных рудных тел. Отвалы обогатительной фабрики могут быть пригодными для повторного извлечения золота. По данным В.Е. Тупякова, на площади, объединяющей рудные участки в бассейнах рек Тараниха, Кострючиха, Гремучая, Соловая, Киркирот и Болоткина, правомерно прогнозировать крупные минерализованные зоны золото-углеродистой формации в пределах полосы северо-восточного простирания длиной 15–20 километров и шириной до 5–6 километров. Об этом однозначно свидетельствуют находки в пределах этой полосы золотоносных кварцевых жил. На Гремучинском участке, например, известны жилы с содержанием золота до 22,8 г/т. Все окрестные ручьи и речки золотоносны и подвергались промышленной отработке (14 россыпных месторождений). Даже при содержаниях золота порядка 3–5 г/т возможна рентабельная отработка этих проявлений кучным выщелачиванием.

В Балейском рудном районе известно **Фатимовское** месторождение золотокварцевой формации, расположенное в 30 км к юго-востоку от г. Балей. Открыто золотопромышленником Новомейским в 1904 году. Принадлежало промышленнику Хатимовскому, от имени которого и происходит его название. Описание месторождения приводится с использованием данных О.И. Широкого [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Разведывалось предприятиями разных ведомств (1914–1917, 1931–1939, 1951–1952 гг.). Локализовано близ пересечения северо-восточной Синдуинской и близмеридиональной Верхне-Голготайской зон разломов. Вмещающие породы – гранитоиды ундинского комплекса каменноугольного воз-

раста. Развита минерализация двух типов: среднеглубинная золото-сульфидно-кварцевая и наложенная малоглубинная флюорит-халцедоново-кварцевая. Первый тип представлен золото-кварцевыми малосульфидными жилами мощностью 0,1–1,45 метра и протяженностью – 20–25 метров, отдельных до 190–580 метров. Второй тип – незолотоносный. Жилы халцедоновидного кварца секут жилы кристаллически-зернистого кварца. Минеральный состав довольно простой: главные минералы – кварц (до 99%), пирит, арсенопирит, халькопирит, марказит, золото; второстепенные – пирротин, галенит, сфалерит, сидерит, флюорит; серицит, кальцит, магнезит, родохрозит, турмалин. Золото связано с сульфидами, тонкодисперсное, распределено неравномерно. Размер золотин 0,04–0,3 мм. Форма изометричная. Руда малосульфидная золото-кварцевая. Среднее содержание золота в текущих запасах – категории C_1 – 10,2 г/т. В руде примесь мышьяка (0,1–1%). Отрабатывалось открытым способом, максимальная глубина отработки – 15 метров. Обогатимость трудная. Разрабатывалось (1904–1905, 1931–1939 гг.). Сведений о добыче золота нет.

Месторождение в связи с отсутствием разведанных для отработки рудных тел считается утратившим промышленное значение. Тем не менее, отдельные обогащенные участки жил № 51, 25, 8, 1–2 могут представлять интерес для старательской добычи. Технологических испытаний на извлечение золота кучным выщелачиванием не проводилось. Поэтому целесообразно проведение геологического и технологического доизучения месторождения.

В Балейском рудном районе известно также **Андрюшкинское** месторождение, разведанные запасы которого в скарнах, актинолититах и золото-кварцевых жилах составляют порядка 10 тонн, но ресурсы могут быть значительно больше за счет надрудной зоны в интенсивно сульфидизированных шадоронских эффузивах, а также в неизученных зонах актинолитизации карбонатно-силикатных образований джорольской серии. Известны также **Майское** и **Шундуинское** месторождения. Последнее представлено Благовещенским, Куцугорским и Онинским участками. Шундуинское месторождение представлено сери-

ями кварцевых и кварц-турмалиновых жил мощностью 0,2–0,4 метра с содержанием золота до 50 г/т (среднее 8,5 г/т), достигая в обогащенных участках 150–200 г/т. Они залегают в зонах дробления гранитоидов шириной 2–3 метра.

На севере Забайкальского края, в Каларском районе, в бассейне р. Верхний Сакукан находится **Верхне-Сакуканское** месторождение золота. Оно локализовано в биотитизированых, серицитизированных и окварцованных (березитизированных) гранитах кодарского комплекса и связано с палеозойско-мезозойской тектоно-магматической активизацией, проявленной внедрением даек и штоков диоритов, диоритовых порфиритов, граносиенит-порфиров и других горных пород умеренно-щелочного ряда ингамакитского и эймнахского интрузивных комплексов. Оруденение представлено малосульфидными золото-кварцевыми жилами в зоне северо-западного простирания. Известно более 50 рудоносных жил. Рудные минералы представлены пиритом, пирротином, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом, суммарное содержание которых составляет 2–3 % . Золото присутствует в самородном виде как в кварце, так и в ассоциации с сульфидами, преимущественно в галените, сфалерите, реже в пирротине. Распределение золота неравномерное, среднее содержание 7 г/т. В отдельных пробах оно достигает 132 г/т. Определенными перспективами характеризуется слабо изученное **Курунг-Юряхское** месторождение, представленное золото-кварцевыми жилами, залегающими в архейских гнейсах, прорываемых субщелочными гранитоидами алданского интрузивного комплекса. Из рудных минералов присутствуют пирит, халькопирит, борнит, галенит, молибденит, халькозин. Золото находится в кварце и в пирите. Среднее содержание золота составляет 13,6 г/т. В пирите этого объекта в 1992 году нами установлено (электронный микроскоп Tesla, В.Н. Аношкин) присутствие петцита во включениях 1 – 2 μк, что свидетельствует о небольшом уровне эрозионного среза [Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н., 1991].

Не изучено вскрытое в плотике **Китемяхтинской** россыпи (бывший прииск им. XI лет Октября) в Каларском районе Забайкальского края одноименное золото-кварцевое месторождение, в котором по аналогии с Караль-Веемским

в Западной Чукотке могут быть вскрыты богатые золотые руды, содержащие крупное самородное золото в ассоциации с горным хрусталем.

В Каларском районе на границе с Республикой Бурятия известно перспективное **Бахтарнакское рудное поле**, одноименное проявление золота и примыкающий к нему участок Дикий, отнесенные нами к типичной среднеглубинной золото-кварцевой формации (Г.А. Юргенсон, Т.Н. Юргенсон, 1992 г.) и рекомендованные для проведения геолого-разведочных работ. Ресурсы золота составляют, по данным «Читанедра» (2006 г.), по категории P_1 14 т, а P_2 60 т при среднем содержании 5,98 г/т – 3,36 г/т.

На территории Республики Бурятия к числу классических месторождений золото-кварцевой формации относятся жилы **Нерунда-Мукадекской, Талаи-Каралонской** (рис. 10.19), **Келяно-Ирокиндинской, Каменской** золоторудных зон, **Еленинской** золотоносной площади и других объектов [Золото Бурятии, 2004].

В Баргузино-Муйской структурно-минерагенической зоне развиты байкалиды Баргузино-Уакитского и карелиды Муйского районов. Она подразделяется на Котерскую, Ципинскую и Бамбуйскую подзоны. Месторождения и проявления золото-кварцевой формации находятся преимущественно в Бамбуйской структурно-минерагенической подзоне.

В Котерской структурно-минерагенической подзоне находятся Намаминская и Няндонинская золоторудные зоны. В Намаминской концентрация золоторудной минерализации очень высокая. Здесь выявлено **Чипчиконское** рудное поле площадью 5х16 километров. Золоторудная минерализация развита в бассейне рек Чипчикон и Укочикта. Она установлена в кварцево-сульфидных жилах в прожилково-вкрапленных зонах в лиственитах и магнетитовых залежах. **Чипчиконское** месторождение представляет собою серию из 42 кварц-сульфидных жил мощностью 0,1–1,5 метра и протяженностью 10–170 метров северо-западного или субширотного простирания. Жилы состоят из кварца, пирита, халькопирита (главные минералы), галенита, сфалерита, блеклых руд, висмутина и пирротина. Среднее содержание золота 2–28,6г/т, в отдельных пробах –

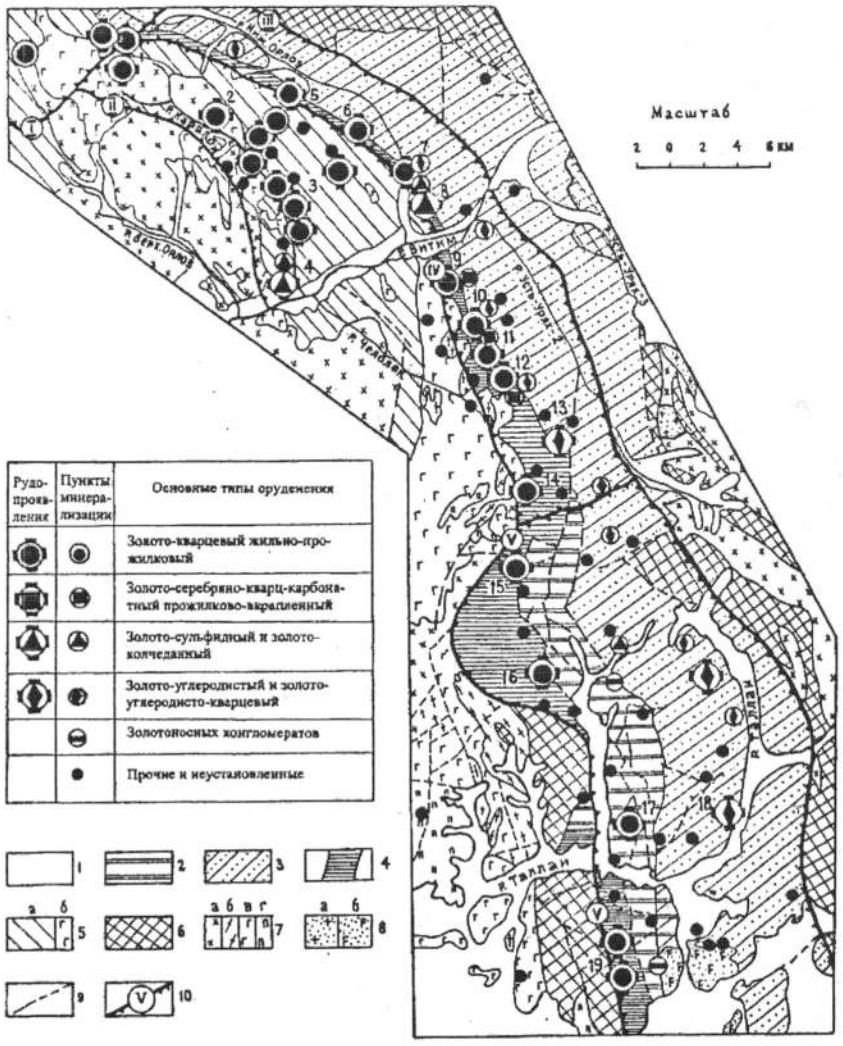
65,5–138 г/т. Кроме того, золотоносные зоны штокверков с кварцево-сульфидной минерализацией в лиственитах и других метасоматитах (0,3–3 г/т, с содержанием серебра до 50–70 г/т). В трубообразных сульфидно-магнетитовых телах содержание золота 0,4–102 г/т, серебра 2,4 – 58 г/т. Вертикальный размах оруденения 1000–1200 метров. Прогнозные ресурсы по объекту приведены табл. 10.3.

Намаминское рудное поле расположено северо-восточнее Чипчиконского, на левобережье р. Намама. Площадь его 2–5 х 20 километров. Локализовано в гематитизированных известняках.

Таблица 10.3

Суммарные прогнозные ресурсы золота Муйского района по: [Золото Бурятии, 2004] с изменениями

Рудная зона, узел, поле	Прогнозные ресурсы, P_2+P_3		
	руда, млн. т	ср. содержание Au, г/т	золото, т
Орколиканская структурно-минерагеническая зона			
Нерунда-Мукадекская	19,0	9,0	170,0
Анамакит-Светлинская структурно-минерагеническая зона			
Орколикан-Правомамский	17,0	8,0	130,0
Анамакитский	17,0	5,0	80,0
Котерская структурно-минерагеническая подзона			
Намаминская:			
Чипчиконское	14,0	10,0	140,0
Намаминское	30,0	5,0	150,0
Верхне-Няндонинское	16,3	8,0	70,0
Огемское	12,0	6,0	70,0
Няндонинская	18,0	6,0	100,0
Всего	143,3	7 (среднее)	970



Рудопроявления	Пункты минерализации	Основные типы оруденения
		Золото-кварцевый жильно-прожилковый
		Золото-серебряно-кварц-карбонатный прожилково-вкрапленный
		Золото-сульфидный и золото-колчеданный
		Золото-углеродистый и золото-углеродисто-кварцевый
		Золотоносных конгломератов
		Прочие и неустановленные

1 2 3 4 5 а б г 6 7 а б в г д 8 а б 9 10

Рис. 10.19. Схема структурно-формационного строения и размещение основных типов золотого оруденения Таллаи-Каралонской рудной зоны. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – терригенно-карбонатные отложения орогенного комплекса венда-кембрия с базальными конгломератами в основании; 3 – карбонатно-терригенные, с участием флишоидных, и вулканогенно-терригенные отложения миогеосинклинального комплекса протерозоя; 4 – зеленокаменные образования эвгеосинклинального комплекса протерозоя; 5 – вулкано-плутонические (а – вулканогенные, б – интрузивные) образования Муйской серии протерозоя (геоантиклинальное поднятие); 6 – глубоко метаморфизованные и мигматизированные архей-нижнепротерозойские выступы пород основания; 7 – интрузивные формации протерозоя: а – гранодиоритовая, б – плагиогранитная, в – габбро-диабазовая, г – гипербазитовая и пироксенит-перидотитовая; 8 – интрузии палеозоя: а – граниты, б – габбро-диориты; 9 – основные тектонические нарушения; 10 – предварительные контуры рудных полей и их номера: I – Орловское (Тарбаганье); II – Каралонское – рудопроявления: 1 – Верхнекаралонское, 2 – Среднекаралонское, 3 – Еленинская площадь, 4 – Нижнекаралонское; III – Нижнеорловское: 5 – участок Кварцевый, 6 – Среднеорловский, 7 – Конгломератовый, 8 – Лысый; IV – Уряхское: 9 – руч. Валунный, 10 – руч. Барачный, 11 – руч. Ветвистый, 12 – руч. Золотой, 13 – Перевальный, 14 – Голубевский; V – Бахтарнакское: 15 – Стрелка, 16 – Золотой, 17 – Археоциатовый, 18 – Тюльпико, 19 – Бахтарнак.

Прожилково-вкрапленные зоны кальцит-сульфидной минерализации заключены в гематит-карбонатных телах, содержащих до 3–5 – 40–50% гематита, имеющих мощность от 10–15 до 70–100 метров. Гнездово-прожилково-вкрапленные сульфидные руды образуют залежи длиной 25–60 метров, мощностью 3–10 метров. Они содержат пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, барит, иногда станнин. Содержание золота – от десятых долей до 221,8 г/т, серебра – от первых граммов на тонну до 1317. Другие элементы содержатся до (%): медь – 33,2, свинец – 10, цинк – 19,2, олово – 3, висмут – 1, сурьма – 3, мышьяк – 3. Прогнозные ресурсы золота приведены в табл. 10.3.

Верхне-Няндонинское рудное поле находится северо-восточнее Намаминского. Площадь 6х12 километров. Золоторудная минерализация здесь в кварцевых жилах и кварцево-жильных штокверках, локализованных в гранитоидах витимканского комплекса. В гранитах находятся зоны сульфидизации с прожилковым окварцеванием с галенитом и пиритом. В них локализованы малосульфидные кварцевые жилы протяженностью 300–1200 метров и мощностью 0,4–2,0 метра. Содержание сульфидов 3–5%, изредка – до 30%. Содержание золота – от следов до 69,8 г/т , серебра – от первых десятков до 7270 г/т в зависимости от содержания сульфидов. Малосульфидные кварцевые жилы со средним содержанием золота 11 г/т дают 2/3 рудной массы, а прожилково-штокверковые со средним содержанием 5 г/т – 1/3. Ресурсы приведены в табл. 10. Аналогичный тип оруденения установлен в пределах находящегося северо-западнее **Огемского** рудного поля. Оно отличается лишь размерами рудных жил и зон, средним содержанием золота (10 г/т в кварцевых жилах) и серебра и видовым составом минералов. Наряду с пиритом и галенитом здесь присутствуют сфалерит и халькопирит. Ресурсы также даны в табл. 10.3.

В целом ресурсы **Намаминской** рудной зоны оцениваются в 430 т золота со средним содержанием его 7 г/т [Золото Бурятии, 2004] (табл. 10.3).

Бамбуйская структурно-минерагеническая подзона, находящаяся в северо-восточной части **Байкало-Муйской**

СМЗ, включает территории развития раннедокембрийских формаций, наложенных на раннепротерозойские восточной части Байкало-Муйского офиолитового пояса [Золото Бурятии, 2004]. В её пределах выделены Келяно-Ирокиндинская, Самокутская, Каменская, Каралонская и Кедровско-Витимконская золоторудные зоны.

Каралонское рудное поле находится в составе одноименной золоторудной зоны в бассейне р. Каралон, левого притока р. Витим. В 1969 году В.С. Косиновым выявлено около двух десятков рудопроявлений золота, образующих полосу шириной 4 и длиной 12 километров. Зона развития проявлений контролируется зоной Парамского разлома северо-западного простирания, выполненной толщей зеленокаменно измененных ортосланцев, ассоциирующих с базитами и трещинными телами гранитоидов. В рассматриваемой зоне находятся три перспективных площади: Верхне- и Нижне-Каралонские и Еленинская.

Верхне-Каралонское месторождение (площадь) находится в верхнем течении р. Каралон и приурочено к субгоризонтальным зонам трещиноватости в гранитоидах, выполненным золотокварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами (рис. 10.20). Их выявлено 8. Протяженность варьирует от 20 до 270 метров, мощность – до 1,1 метра. Содержание золота установлено не во всех пробах, от следов до 102,4 г/т. Для расчета ресурсов использовано среднее содержание – 13,2 г/т. Минеральный состав жил простой – кварц, пирит, галенит, халькопирит, сфалерит. Общее содержание сульфидов не превышает 5% . Золото свободное, крупное, 75% золотин имеет размеры 0,3–3,0 мм. Руда легко обогащается с выходом в гравитационный концентрат 85% золота. Месторождение мелкое. Запасы и ресурсы составляют 13,6 тонны. В результате доизучения месторождения ожидается прирост запасов.

Еленинская золотоносная площадь, находящаяся также в бассейне р. Каралон, включает жильные и жильно-прожилковые зоны: Искристая, Первая, Роженова и другие. Они представлены золото-сульфидно-кварцевыми жилами, содержащими в среднем 3–7% сульфидов, залегающими в альбит-хлоритовых и амфиболизированных сланцах уряхской свиты

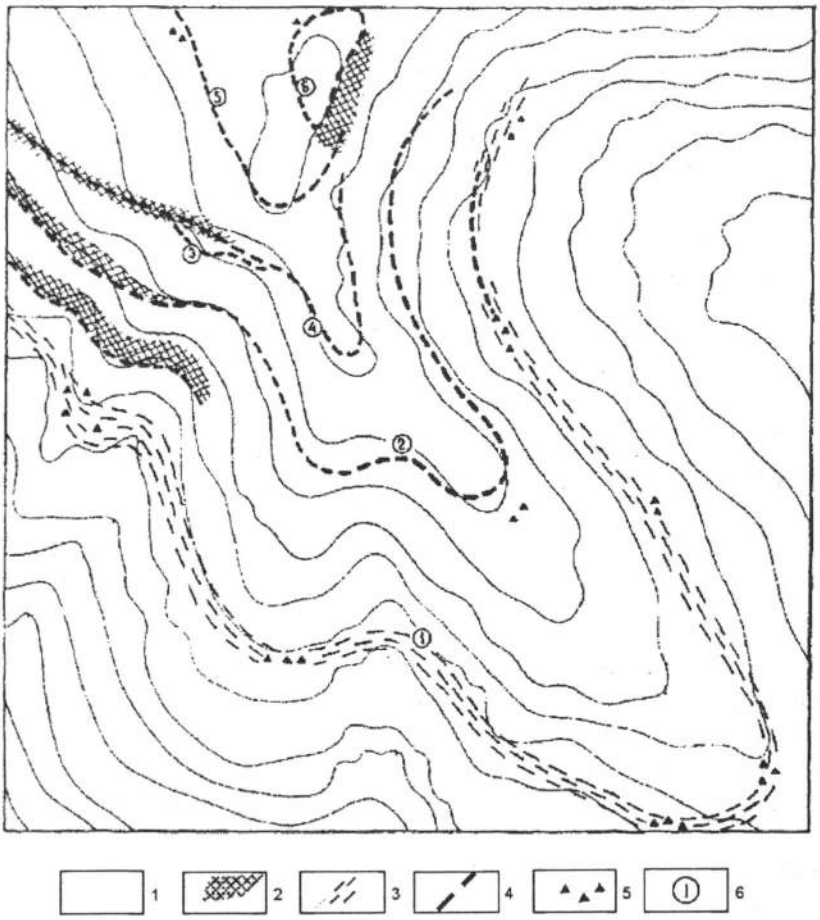


Рис. 10.20. Геологический план участка Верхнее-Каралонский. По [Золото Бурятии, 2004].

1 – гранитоиды; 2 – зоны штокверкового окварцевания; 3 – жильно-прожилковые зоны окварцевания; 4 – кварцевые жилы установленные, предполагаемые; 5 – глыбы кварца в делювии; 6 – номер золотоносной зоны. Зоны 7, 8 не показаны, находятся за контуром рисунка.

нижнего протерозоя. Длина жил до 400 метров, мощность 0,3–1,4 метра. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом. Содержание золота 0,8–255,2 г/т. Золото, в основном, свободное, крупное (1–3 мм).

В **Бамбуйской** структурно-минерагенической подзоне известно **Витимконское** рудное поле. Оно находится в зоне сочленения гранитоидов витимканского комплекса на западе и габброидов муйского на востоке. Его протяженность 12 км, при мощности 1,5 километра. Выявлено 47 золото-кварцевых жил, сгруппированных на трех участках: Житондинском (восточном), Бамбуйском (центральном) и Витимконском (северо-западном). Золото-кварцевые жилы имеют в основном северо-западное простирание и юго-западное падение под углами 35–40°, реже – северо-восточное простирание и юго-западное падение. Протяженность первых – 200–600 метров, вторых – 150–200 метров. Длина рудных столбов – 40–80 метров, мощность жил 1–1,5 метра. Наиболее перспективными, по В.В. Левицкому (1967 г.), являются жилы: Житондинская II (подсчитанные запасы – 528 кг золота), Южная, Новая, Бамбуйская IV, Верхне-Витимская. Средние содержания золота в них, соответственно, составляют 27,4; 18,4; 83; 27,0; 4,5 г/т. Мощности варьируют от 0,2 до 1,4 метра [Золото Бурятии, 2004]. Ресурсы даны в табл.10.4.

В **Келяно-Ирокиндинской** золоторудной зоне, находящейся в западном обрамлении Муйской глыбы, на Тулдунь-Мудриканском водоразделе, известны Ирокиндинский и Петелинский рудные узлы. Из них промышленное значение имеет первый, где в 1960 году Чугуновым выявлено золотое оруденение в жилах Петровской и Верхней, ставших составной частью Ирокиндинского месторождения золото-кварцевой формации. Продуктивные жилы в 1960–1974 гг. разведывала Багдаринская ГРЭ. В 1975 году утверждены запасы по жилам Тулуинской, № 30, Юрасовской II, Серебряковской и Хребтовой. С 1975 года месторождение разрабатывается.

Золотоносные кварцевые жилы локализованы в диафторированных биотитовых, гранат-биотитовых, гранат-биотит-амфиболовых и биотит-амфиболовых гнейсах и кристаллических сланцах киндиканской свиты архея. Они прорваны

Таблица 10.4

Суммарные прогнозные ресурсы золота Муйского района

Рудная зона, узел, поле	Прогнозные ресурсы, P_2+P_3		
	руда, млн. т	ср. содержание, Au, г/т	золото, т
Котерская структурно-минерагеническая подзона			
Каралонская	9,6	15,0	144
Каменская	12,5	6,0	75
Самокутская	16,3	6,0	97
Келянская	10,5	4,0	42
Бамбуйская структурно-минерагеническая подзона			
Кедровско-Витимконская			
Кедровское	10,1	15,2	153
Витимконское	5,8	17,1	100
Келяно-Ирокиндинское			
Ирокиндинский	19,7	24,7	486
Петелинский	7,5	5,0	38
Всего	92,0	12,3	1135

гнейсогранитами, габбро, габбро-диоритамиархейского возраста и плагиогранитами, гранитогнейсами и гранитами нижнего протерозоя. Дайковый комплекс, вероятно, частью юрского возраста представлен диоритами. Диоритовыми порфиритами, фельзитами, фельзит-порфирами, пегматоидными гранитами. Большая часть жил локализована в метаморфическом комплексе. Площадь месторождения – около 30 км^2. Мощность зон рассланцевания и милонитизации, в которых развиты березитизация, хлоритизация, серецитизация, частью эпидотизация, и находятся продуктивные жилы, составляет 5–20 метров.

Ирокиндинское месторождение представляет собою серию разноудаленных одна от другой убогосульфидных золото-кварцевых жил. Они приурочены к трем системам зон трещиноватости – северо-восточной, северо-западной и субмеридиональной. Выходы жил имеют разную протяженность, определяющуюся как длиной вмещающих их зон трещиноватости, так и величиной эрозионного среза. Выявленная протяженность их варьирует от 60 до 1500 метров. По падению жилы прослежены более чем на 300 метров. Следует иметь в виду, что обычно жилы, полностью прослеженные до выклинивания на глубину и по простиранию, в проекциях в их плоскости субизометричны, и рудоносные их части могут с глубиной неоднократно повторяться. Это необходимо учитывать при их разведке. В пределах рудного поля известно 150 продуктивных жил. Более или менее изучено с поверхности 30 жил, разведано 10. Руды существенно золото-кварцевые. Сульфиды составляют не более 3%. Среди них установлены пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, тетрадимит, пирротин. Присутствуют блеклые руды, шеелит. Содержание золота варьирует от следов до 3 кг/т. Содержание его коррелирует с таковым сульфидов. Размеры индивидов золота и их сростков 0,5–2 мм. Встречаются самородки до 1–2 см. Пробность золота из кварца 880–900, из сульфидов – 650–725. Распределение столбовое. Размеры рудных столбов 40–180 метров по простиранию и до 250 по падению. Добыча производится с 1975 года. Пример отработки жилы Юрасовская дан на рис. 10.21. Добыта примерно 21 тонна золота. Ресурсы составляют порядка 486 тонны (табл. 10.4).

Кроме того, юго-западнее Ирокиндинского известно месторождение **Кварцевое.** Оно представлено шестью золото-кварцевыми жилами: Гранитными 1–3, Широкой и № 41 и № 15. Жилы мощностью 1–1,3 метра прослежены по простиранию на 220–340 метров. Содержание золота варьирует в пределах 7–18,8 г/т, серебра 5–5,3 г/т. Распределение золота в виде рудных столбов длиной 85–185 метров при мощности 0,77–1,1 метра и содержании золота 18,8 – 23,3 г/т. По жиле Гранитная 2 запасы золота по категории C_2 476 кг, серебра – 253 кг [Золото Бурятии, 2004]. Месторождение слабо изучено и возможно существенное приращение запасов.

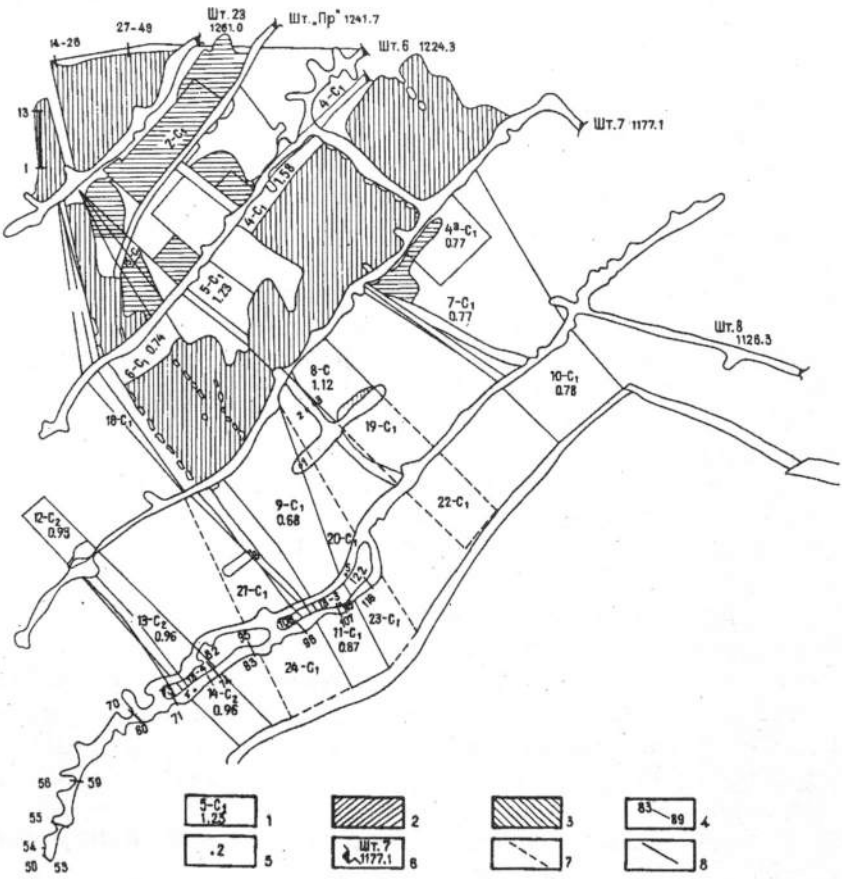


Рис. 10.21. Пример блокировки и отработки жильного месторождения золота. Проекция на горизонтальную плоскость жилы Юрасовская.

1 – номер блока; 2 – отработанная часть месторождения в 1977–1986 годах; 3 – отработанная часть в 1988 году; 4 – сечения с указанием номера пробы; 5 – место отбора пробы и ее номер; 6 – устье штольни и ее гипсометрическая отметка; 7 – границы непромышленных частей жилы; 8 – границы блоков.

Юго-западнее Ирокиндинского находится слабо изученный **Петелинский** золоторудный узел, в пределах которого известно 68 золото-сульфидно-кварцевых жил. Две из них разведаны с поверхности. Длина жил до 200–300 метров при мощности до 0,5–3 метра. Содержание золота широко варьирует, достигая в штуфах 32,8 г/т, в сечениях по жилам 5–20,8 г/т. Ресурсы категории P_3 при содержании золота 5 г/т составляют 37,5 тонны [Золото Бурятии, 2004].

Определенный интерес как возможные промышленные источники золота золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций представляют относительно слабо изученные объекты **Анамакит-Светлинской** структурно-минерагенической зоны, расположенной в северной части Баргузинского хребта. Здесь В.Г. Филатовым в 1986 году выделены **Орколикан-Правомамский и Анамакитский** золоторудные узлы. Первый (рудное поле участка Северного) приурочен к контакту гранитоидов муйского комплекса и кислых метаэффузивов нюрундуканской свиты. Здесь выявлено 11 участков развития жил и жильных зон. Мощность жил 0,1–2,0 метра при протяженности 150–200 метров, жильных зон – 20–50 метров при протяженности 50–250 метров. Общее содержание сульфидов 3–5%, редко в прожилках до 15–30%. Они представлены пиритом, халькопиритом, галенитом, реже – сфалеритом. Содержание золота в жилах среднем 18–20 г/т, серебра – 60–90 г/т, зонах прожилкования, соответственно, 0,8–6,6 и 10–12 г/т. Ресурсы $P_2 + P_3$ при содержании золота 8 г/т, по данным В.Г. Филатова (1986 г.), составили 130 тонн золота. В Анамакитском узле, по В.Г. Филатову (1986 г.), развиты золото-кварцевые жилы, залегающие как в раннепротерозойских вулканогенно-осадочных отложениях нюрундуканской свиты, так и в терригенно-карбонатных – анамакитской серии венд-кембрийского возрста, а также в секущих их мелких штоках и дайках березитизированных гранит- и гранодиорит-порфиров. Содержание золота – от десятых долей до 20–30 г/т, а серебра – до 30–90 г/т. В этом же узле развиты зоны прожилково-вкрапленной медно-полиметаллической минерализации в карбонатных породах и гранитах, а на контактах их – гранат-пироксеновые

скарны. Содержание золота в минерализованных зонах до 8 до 10 г/т, а в скарнах – до 10 г/т. Ресурсы этих участков $P_2 + P_3$ при содержании золота 5 г/т, по данным В.Г. Филатова (1986 г.), составили 80 тонн золота.

В Баунтовском геолого-экономическом районе в границах **Троицкого рудного узла** вблизи пос. Троицкий находится месторождение **Рудная Горка,** представленное золотоносными кварцевыми конгломератами и перекрывающими их кварцевыми песчаниками. По данным изучения месторождения конгломераты и контактирующие с ними кварцевые песчаники залегают во внутриформационном стратиграфическом перерыве между докембрийскими метапесчаниками и сланцами и карбонатной толщей, сложенной преимущественно доломитами, переходящими в известняки. Судя по схематической геологической карте (рис. 10.22) [Золото Бурятии, 2004, с. 268]), оруденение может быть связано с так называемыми межэтажными гранитоидами и дайками среднего и основного состава. Месторождение представлено двумя кварцевыми телами. Из них основное, или главное, рудное тело подразделено на Рудную Горку и Центральный участок (рис. 10.23).

Главное кварцевое тело прослежено по простиранию на 1300 метров, имея среднюю мощность в районе Рудной Горки 82,0 метра и на Центральном участке – 56,0 метров. С глубиной (до 200 м) средняя мощность тела на Рудной Горке уменьшается до 56,8 метра.

Кварцевый горизонт на 79,0–90,4% состоит из кремнезема, количество которого возрастает по мере интенсивности гидротермальных изменений. В кварцевом «метапесчанике» развиты пирит, халькопирит, редко – галенит, тетрадимит, блеклые руды, видимое золото. Присутствует каолинит. Вторичные минералы представлены малахитом, азуритом, гетитом, гидрогетитом.

Золото распределено крайне неравномерно. Размеры золотин – 0,1–4,5 мм, пластинки золота – до 8,5 мм. Тонкое золото не изучалось. Пробность – 870–906, в среднем – 880. Присутствует также электрум. Содержание золота – от следов до 3921 г/т. Содержания золота обнаружены также в горных породах со

стороны висячего бока в кварцевых прожилках и линзах, а также в зоне их анкеритизации и окварцевания. Отмечено также, что «... наиболее высокие содержания золота приурочены к кварцевым маломощным прожилкам, спорадически картирующимися в кварцевом горизонте» [Золото Бурятии, 2004, с. 270].

Эти данные позволили с некоторой долей условности отнести месторождение к золото-кварцевой формации.

В результате поисково-оценочных работ, проведенных Чининской (1963–1970 гг.), Рудной (1980–1983 гг.) и Центральной (1985–1996 гг., М.Ф. Шелковников) партиями Багдаринской экспедиции, установлено, что запасы золота категории C_2 в Главном кварцевом теле составляют 70,1 т при среднем содержании золота 1,51 г/т. Показано, что отработка этого рудного тела, особенно участка Рудная Горка, где запасы 47,2 т, характеризуются содержанием 1,87 г/т, открытым способом может быть рентабельной до глубины 200 метров. Кроме того, на участке Рудная Горка запасы золота во вмещающих горных породах со стороны висячего бока главного рудного тела составляют 8,2 т при содержании 1,81 г/т. Суммарные запасы руд категории C_2 разного качества при среднем содержании 1,32 г/т составляют 92,6 тонны. Технология обогащения руд, предложенная ИРГИРЕДМЕТом, обеспечивает извлечение 87,5% золота гравитационным способом. Использование способа флотации для переработки хвостов гравитации с последующим использованием центробежного сепаратора позволяет довести сквозное извлечение до 97,7%. Особенностью рудоносного кварца месторождения является концентрирование золота во фракции менее 40 мм и возможность в результате ее отсеивания повысить среднее содержание золота в ней до 8 г/т, что существенно уменьшает массу руды, поступающей на измельчение и в обогатительный процесс. Это, в свою очередь, резко повышает рентабельность, уменьшая себестоимость готовой продукции с учетом тенденции роста цен на золото (около 900 долларов США за тройскую унцию по состоянию на февраль 2008 г.).

Месторождение подготовлено к эксплуатации, более того – более 10 тысяч тонн горной массы отбито взрывом и готово для переработки.

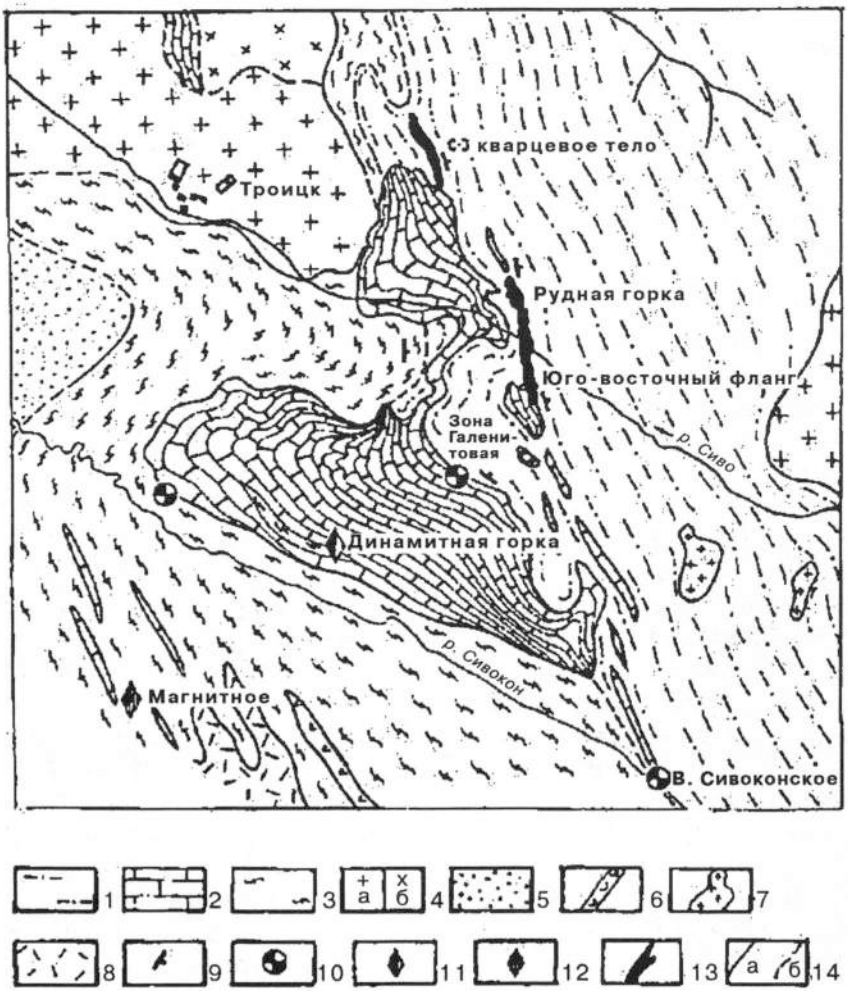

Троицк
кварцевое тело
Рудная горка
Юго-восточный фланг
Зона Галенитовая
р. Сиво
Динамитная горка
р. Сивокон
Магнитное
В. Сивоконское
1
2
3
а
б
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
а
б
14

Рис. 10.22. Схематическая геологическая карта центральной части Троицкого рудного узла. Масштаб 1: 50 000. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – надкарбонатная терригенная толща метаморфизованных сланцев и песчаников; 2 – карбонатный горизонт: преимущественно доломиты; 3 – подкарбонатная терригенная толща метаморфизованных сланцев и песчаников с телами параамфиболитов и прослоями карбонатных пород; 4 – межэтажные гранитоиды (а), диорито-сиениты, монцониты (б); 5 – кварциты межэтажной зоны; 6 – габбродиабазы, габбро-диориты; 7 – граниты мелкозернистые и тела аплитовидных пород; 8 – туфы кислых эффузивов; 9 – господствующие (генерализовано) ориентировки слоистых структур: преобладают крутые углы падения (>600–650); 10 – проявления полиметаллических руд; 11 – тела гематит-магнетитовых руд с редкими убогими содержаниями золота; 12 – железистые кварциты; 13 – «тела» кварцевых песчаников и кварцевых конгломератов (золотоносные существенно золото-кварцевые тела); 14 – контакты достоверные (а) и предполагаемые (б).

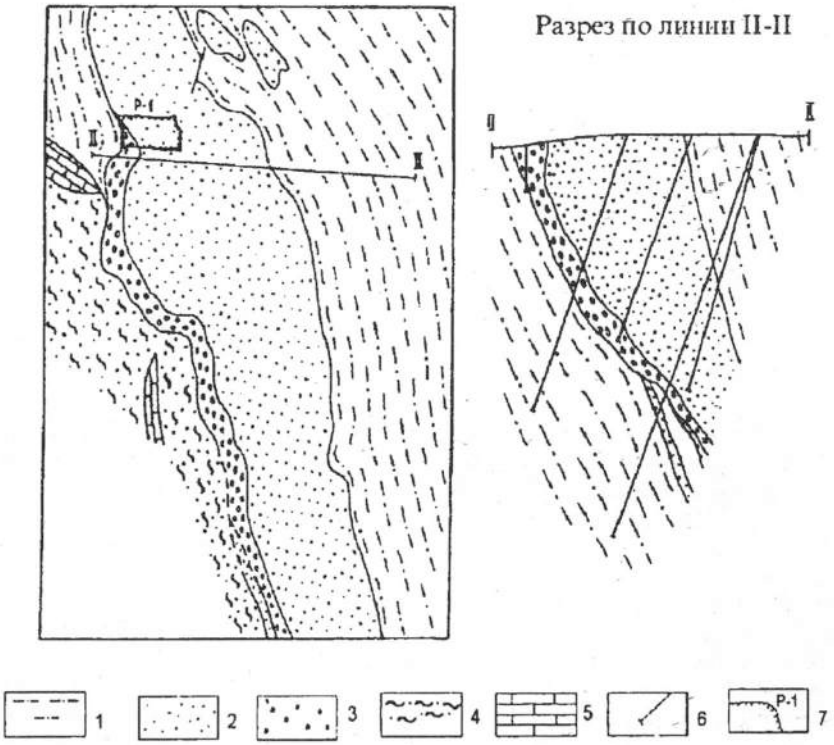


Рис. 10.23. Схематический план и разрез проявления Рудная Горка.

1 – надкорбонатная терригенная толща метаморфизованных сланцев и песчаников; 2 – «тело» кварцевых песчаников (золото-кварцевое рудное тело); 3 – мелкогалечные кварцевые конгломераты; 4 – рассланцованная докембрийская кора выветривания; 5 – известняки, доломиты; 6 – скважины колонкового бурения; 7 – контур расчистки № 1.

В **Ципиканском** рудном районе известны также **Верхне-Ганькинское** (запасы золота категории C_2 – 16,2 т при среднем содержании 2,5–4,7 г/т) и **Горное** (ресурсы категории P_1 – 4,5 т при содержании 4,1–14,5 г/т) проявления золота [Золото Бурятии, 2004].

10.1.6.5. Месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации.

Балейский рудный район. Среднеголготайское месторождение золота и висмута является типичным представителем среднеглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации. Оно расположено в Балейском районе, в левобережье р. Средний Голготай, в 10–12 км к югу от г. Балей. Описание месторождения приводится с использованием данных В.Е. Тупякова [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Первые сведения о золотоносности площади приведены в материалах М.Н. Шмидт (1934 г.), которая проводила геологическую съемку масштаба 1 : 84000. Официальное открытие – 1964–1965 гг., когда геологи Балейской геологоразведочной экспедиции (А.В. Шураев, П.А. Калашников и др.) провели поисковые работы масштаба 1 : 10000. С 1965 года комбинат «Балейзолото», затем Балейская геологоразведочная экспедиция в составе треста «Забайкалцветметразведка» выполнили предварительную и детальную разведку. Это позволило отнести месторождение к категории промышленных. Приурочено к области сочленения региональных разломов северо-восточного и близмеридионального направлений и находится в пределах ртутно-сурьмяно-вольфрамо-золоторудного пояса. Локализовано в магматических породах верхнепалеозойской многофазной гранитоидной Ундинской интрузии и в зоне развития мезозойских монцонитодиоритов, гибридных лампрофиров, диоритовых порфиритов и малхитов. Месторождение представлено пятью тектоническими блоками, разграниченными разломами и смещенными друг относительно друга на сотни метров. Рудные тела – жилы и рудные зоны. Основные запасы золота связаны с жилами, наибольшее количество которых (около 30) сконцентрировано

на Центральном и Кафтановском участках. Золото и сульфиды присутствуют также во вмещающих кварцевые жилы монцонит-диоритах и гибридных лампрофирах, что указывает на прямую генетическую связь оруденения с этими магматическими телами. Выделяется шесть минеральных типов жил. Промышленное значение имеют золото-кварцевые малосульфидные и золото-сульфидно-турмалин-кварцевые, иногда совмещенные в единых трещинных структурах. По простиранию прослежены до 200–500 метров, редко (жила 52) – до 750 метров, мощность достигает 3 метров, в среднем – 0,4–0,5 метра. По падению до выклинивания жилы не прослежены и, вероятно, как свидетельствуют данные единичных скважин, достигают глубин 600–800 метров и более (см. рис. 3.2, ч. I, гл. 3). Поперечный разрез жилы № 52 и распределение главных рудных элементов в ней даны на рис. 10.24. Руды состоят в основном из кварца (до 90%). Сульфиды составляют 5–20%. Они представлены пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, висмутином, антимонитом, пирротином, молибденитом, галенитом, сфалеритом и другими. Практически повсеместно развиты сульфоантимониты, сульфотеллуровисмутиты, тетрадимит и другие теллуриды. Теллуриды и теллуровисмутиты характеризуют золотоносые жилы, в непродуктивных развит висмутин при отсутствии теллурсодержащих минералов. Для золотоносных жил установлена положительная корреляция золота, теллура и висмута, для непродуктивных на золото она отсутствует. Среди жильных минералов кроме кварца присутствуют турмалин, биотит, мусковит, хлориты, шеелит, аксинит и цеолиты. В отдельных жилах процесс рудообразования завершают флюорит и кальцит. Среднее содержание золота в руде около 15 г/т. Пробность 900–970. Отмечаются высокие концентрации висмута. По результатам технологических испытаний В.Ф. Дробышева (ЗабНИИ), извлечение золота в концентрат по гравитационно-флотационной схеме переработки руды золото-кварцевого типа составляет 92,8%, висмута – 93,1%. Для обогащения руды золото-сульфидного типа предложено два технологических варианта с извлечением золота 94,7 и 93,5% при попутном извлечении висмута 97,4 и 70,8% соответственно.

Эксплуатировалось штольневым подземным способом до 1994 года. Руда использовалась в смеси рудами Тасеевского месторождения и обогащались на ЗИФ-2 комбината «Балейзолото» по схеме для руд этого месторождения. Остаточные запасы порядка 25–27 тонн.

Перспективы могут быть значительно увеличены за счет разведки глубоких горизонтов, поисков и оценки – на флангах.

Кирченовское месторождение золото-сульфидно-кварцевой формации на р. Турга приурочено к сложной зоне окварцевания, пропилитизации и березитизации в экзоконтакте шахтаминских гранитоидов. Рудоносные зоны второго порядка мощностью 25–62 метра вмещают крутопадающие кварцево-жильные тела протяженностью от 25 до 2500 метров. Рудные минералы представлены золотом, самородным серебром, аргентитом, арсенопиритом, галенитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом и блеклой рудой, а в зоне окисления – церусситом, скородитом, халькопиритом и гидроокислами железа. Содержание золота 1,57–2,04, серебра – до 84,4 г/т. Пробность золота 776–939. Часть его в виде тонких вкрапленников находится в арсенопирите (содержание мышьяка в руде 2,8%). Запасы золота оценены в 2,45, серебра – 0,12 тонны. Месторождение имеет некоторые черты, переходные к золото-серебряной рудной формации.

Верхнеалиинское месторождение находится в Балейском районе, в верхнем течении р. Алия. Оно локализовано в магматических горных породах. Вскрыто несколько рудных зон, различающихся по условиям залегания и золотоносности (Восточная, Западная, Широтная, 3-я, Антимонотовая и др.). Если Восточная зона находится в диоритовых порфиритах монцонитового ряда, то Широтная – в щелочных биотитизированных гранитах, а Западная – в диоритах и габбро. Эти объекты или вскрытые к настоящему времени их части различаются по глубине образования. Рудные тела Западной зоны занимают промежуточное положение по глубине образования. Здесь же вскрыты более глубинная типичная малосульфидная золото-кварцевая зона Широтная, золото-кварцево-сульфидная жила Антимонитовая (район Восточной зоны) и полностью от границы верхнего

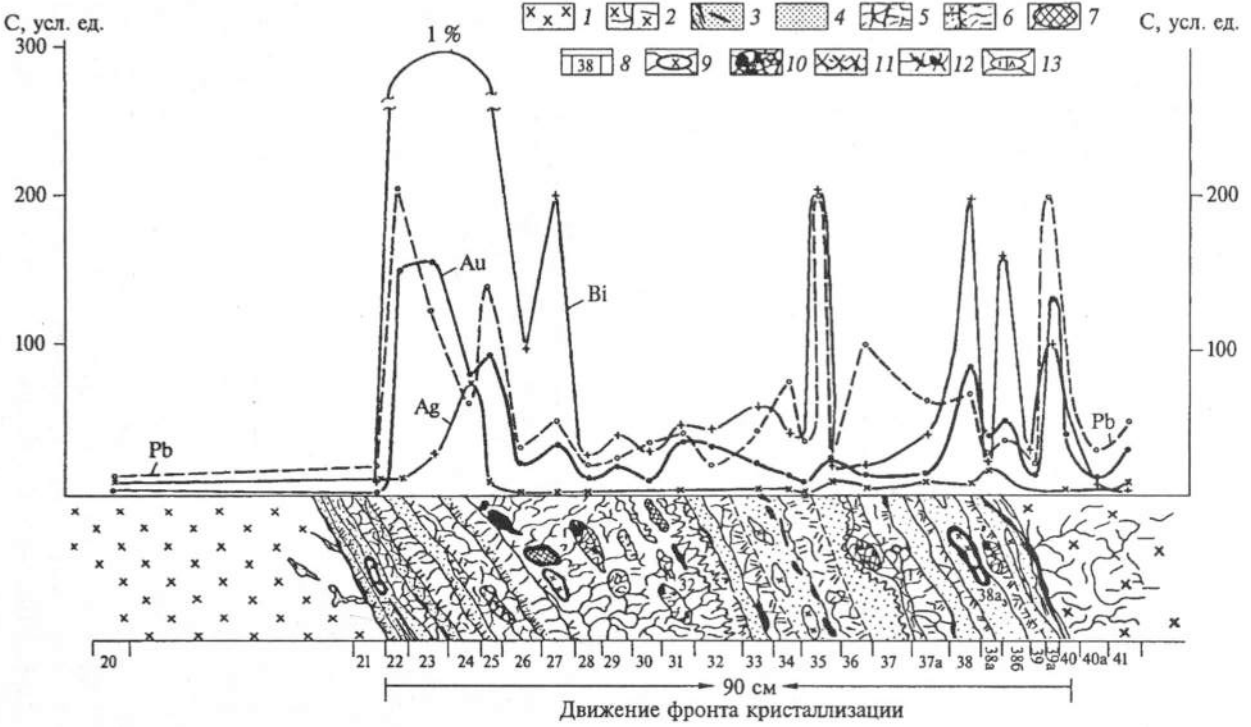

С, усл. ед.
300
200
100
1 %
Au
Bi
Ag
Pb
Pb
С, усл. ед.
200
100
1
2
3
4
5
6
7
38
8
9
10
11
12
13
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
37а
38
38а
38б
39
39а
40
40а
41
90 см
Движение фронта кристаллизации

Рис. 10.24. Строение жилы № 52 Среднеголготайского месторождения (Восточное Забайкалье) и распределение главных рудных элементов в её сечении. Видно ритмичное изменение содержаний Au, Ag, Bi, Pb. Максимальные содержания их приурочены к приконтактовым частям жилы.

1 – мелкозернистые монцонит-диориты; 2 – сеть кварцево-сульфидных прожилков в монцонит-диорите; 3 – приконтактовая часть жилы, сложенная пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, молибденитом, золотом, тонкозернистым грязным кварцем, пронизывающим и пропитывающим монцонит-диорит; 4 – мелко-среднезернистый серый до белого сахаро- или стекловидный кварц; 5 – крупно-грубозернистый кварц, жирный, маслянистый, частью дымчатый; 6 – контакт сахаровидного и маслянистого, переходящего в неровношестоватый, кварца, на контакте – турмалин, биотит и чешуи молибденита; 7 – линзы и жеоды кальцита, редко флюорита в друзоватом кварце; 8 – номер и длина пробы; 9 – обломки биотитизированного, хлоритизированного, турмалинизированного и сульфидизированного монцонит-диорита; 10 – линзы сульфидов, турмалина и карбонатов в кварце; 11 – кварцевые агрегаты и окристаллизованный кварц встречного роста в осевой части жилы; 12 – линзы сульфидно-турмалинового и 13 – турмалинового состава в кварце.

выклинивания до границы нижнего выклинивания оруденения 3-я рудная зона на участке Западном. Различаются эти участки и особенностями геолого-структурной позиции.

К золото-сульфидно-кварцевому формационному типу в пределах Верхне-Алиинского рудного поля относятся Восточная и Западная зоны. Здесь наблюдаются прямые парагенетические связи с магматическими телами основно-среднего состава – диоритовыми порфиритами монцонитового ряда на Восточном участке и щелочными диоритами и габбро на Западном. В жильном выполнении сульфиды (пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, сульфосоли свинца, сульфотеллуриды висмута, сульфовисмутиты свинца) составляют от 5 до 50 процентов массы. Для Западной зоны типична кобальтарсенидная минерализация, отмечен пентландит.

В минеральных продуктивных комплексах наименее глубинных жил Восточной рудной зоны среди структурно-текстурных разновидностей кварца преобладают тонко- и мелкозернистые агрегаты, содержащие слоистые силикаты (каолинит, гидролюду). Текстуры – полосчато-массивные, брекчиевидные. Отмечена следующая общая последовательность в жилах: сульфидно-турмалиново-кварцевые агрегаты краевых частей сменяются существенно кварцевыми с сульфидами и сульфосолями в направлении к оси жилы. Эта последовательность неоднократно повторяется в результате внутриминерализационного взламывания, брекчирования и залечивания.

В наиболее богатой сульфидами, сульфосолями и сульфоантимонитами свинца жиле Антимонитовой установлена такая последовательность: микрозернистые и тонкозернистые полевошпатово-гидромусковитово-кварцевые с турмалином и пиритом приконтактовые части жилы сменяются густовкрапленными брекчиевидными рудами, состоящими из пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, антимонита, сульфоантимонитов и других сульфосолей. В результате взламывания сульфидно-сульфосольный комплекс, так же как и краевые части жил, брекчируется и цементируется тонкозернистым агрегатом слюдисто-кварцево-турмалинового состава, а затем рассекается микрошестоватым кварцем.

Особенностью их являются: присутствие халцедоновидного либо тонкозернистого жильного кварца в качестве основного рудообразующего компонента, ритмично-полосчатые, колломорфные текстуры. Все эти признаки указывают на отношение объекта к малоглубинному либо переходному к нему.

Характерной особенностью подобных месторождений является значительный вертикальный размах оруденения при относительно больших градиентах изменений с глубиной их основных характеристик. Чаще всего то, что мы относим к переходу от малоглубинных к среднеглубинным при изучении их на глубину, оказывается лишь верхним, действительно малоглубинным интервалом среднеглубинных объектов. По крайней мере, одним из таких примеров можно считать Восточную зону Верхне-Алиинского месторождения. В верхних частях, где она вскрыта наземными горными выработками (расчистка на водоразделе, канавы 62 и 121, траншея VII), – это объект, переходный от среднеглубинного к малоглубинному. Но на уровне подземных горных выработок (штольни по Восточной и Широтной зонам) все признаки свидетельствуют о принадлежности его к типичному среднеглубинному объекту.

Казаковское (Казаковско-Ключевское) золото-шеелитовое месторождение расположено в Балейском районе, в 36 км к северо-востоку от г. Балей, в 2 км к северо-востоку от с. Казаковский Промысел. Открыто горным инженером Нестеровым в 1883 году. Разведывалось предприятиями разных ведомств (1901–1903 гг., 1916–1919 гг., 1930–1931 гг., 1936–1956 гг., 1974–1978 гг., 1993–2000 гг.). Месторождение относится к Балейскому рудному району. Описание приводится с использованием данных О.И. Широкого [Энциклопедия Забайкалья, 2003]. Находится в пределах толщи верхнепротерозойских метаморфических горных пород (гнейсы, сланцы, гранитогнейсы) кулиндинской свиты (впоследствии – джорольской серии). Приурочено к тектонической зоне (500–800 м) длительного развития. Разделено разломом на два тектонических блока – Казаковский (поднятый, более эродированный) и Ключевской (относительно опущенный и менее эродированный). Они представляют собой, соответственно, два одноименных промышлен-

ных участка. Казаковский отработан на 88,4%. В нем известно 24 жилы (в том числе 5 – промышленные). Жилы выдержаны по простиранию (до 600 м) и падению. По мощности наблюдаются раздувы и пережимы. Ключевской участок отработан на 52 %. Известно 13 жил (в том числе – 7 промышленных). Жилы короткие, невыдержанные по простиранию и падению, полого- и крутопадающие. Они концентрируются в штокверке размером 500х50х120 метров, северо-восточного простирания, крутого падения на северо-запад. Жилы относительно малосульфидные, существенно кварцевые. На Ключевском участке верхняя часть месторождения представляет собою остаточную кору выветривания, обогащенную золотом. Из главных минералов преобладают арсенопирит, пирротин. К второстепенным относятся пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, шеелит, к редким – молибденит, магнетит, фаматинит, висмутин, козалит, станнин. Главные нерудные минералы – кварц (до 90%), альбит, ортоклаз, биотит, хлорит, графит, кальцит, стеллерит; второстепенные – турмалин, апатит, сфен, рутил, циркон, корунд. Известны также жилы, целиком состоящие из десмина – стеллерита. Главный промышленный минерал – золото самородное. Руда золото-сульфидно-кварцевая; вредная примесь – As. Содержание золота по отдельным жилам Казаковского участка составляет 5,3–31 г/т, по подсчетным блокам – 9,3 г/т. Встречались скелетные кристаллы Au до 1,3 кг. Отрабатывалось подземным способом, максимальная глубина разработки 120 метров. В 1937–1953 гг. переработка руды производилась гравитационным способом и амальгамацией тонкого золота (Казаковская ЗИФ). Извлекался также шеелит. В 1974–1977 гг. (Центральная лаборатория ЧТГУ, ИРГИРЕДМЕТ, Балейская опытная фабрика) была рекомендована гравитационно-флотационная схема. В 2000 году (ЗабНИИ) для окисленных руд Ключевского участка предложена схема, включающая гравитацию и чановое выщелачивание из хвостов гравитации. Перспективы связываются с доразведкой на флангах и глубину. Разрабатывалось в 1910–1914 гг., 1930–1944 гг., 1947–1953 гг. Добыто 3034 кг учтенного Au.

Апрелковское месторождение, расположенное в Шилкинском районе, на правобережье р. Шилка, в 10–12 км

к юго-востоку от ст. Холбон, также относится к золотосульфидно-кварцевой формации.

В середине XIX века в районе месторождения были известны золотосодержащие россыпи. Коренное золото открыто в 1925 году. Первые сведения о геологическом строении месторождения приводятся И.С. Яговкиным в 1931 году. Месторождение изучалось И.И. Коноплевым, Н.К. Морозом, И.Л. Филимоновым, В.И. Тищенко, Л.В. Ерофеевым и другими. Расположено в узле пересечения Монголо-Охотского глубинного разлома с крупной Балейско-Дарасунской рудоносной структурой. Месторождение представляет собою систему жил, находящихся в толще, сложенной позднепротерозойскими плагиоклаз-амфиболовыми, кварц-слюдистыми, углисто-серицитовыми сланцами, объединенными в составе кулиндинской свиты (джорольской серии), перекрываемой средне-позднедевонскими кварц-пироксен-биотитовыми сланцами макаровской свиты. Эта толща прорвана интрузиями габброидов, диоритов, гранодиоритов, гранитов позднепалеозойского Ундинского комплекса. На них залегают поздне-триасовые – раннеюрские дациты, андезитовые порфириты и лавотуфобрекчии каменской свиты. Рудоносные жилы парагенетически связаны с граносиенитами, граносиенит-порфирами позднеюрского возраста. Конгломераты раннемеловой шилкинской свиты перекрывают все указанные геологические образования. В пределах рудного поля выделяются рудные участки: Золотая Горка, Зарикен, Климиха, Таловый, Рудный, Гребень, Правобережный, Случайный, Лабазный, Ягодный. Рудные тела – кварцевые жилы и жильные зоны, количество которых достигает 500. Протяженность жил – 300–1200 метров, мощность – от долей сантиметра до 2-х метров. Содержание золота – от первых граммов на тонну до 382 г/т (жила Чертова). Среднее содержание по месторождению – 7,3 г/т. Руды сложены главным образом пиритом, арсенопиритом, реже – антимонитом, пирротином, блеклыми рудами, марказитом. В части жил находится кондиционный горный хрусталь. Несмотря на периодически проводившиеся геологоразведочные и добычные работы, месторождение изучено недостаточно и перспективно

для обнаружения новых жил и получения запасов при изучении на глубину.

Дарасунский рудный район. В этом рудном районе находятся месторождения различных рудных формаций, прилегающие к Дарасунскому рудному узлу или входящие в его состав. К ним относятся Дарасунское, Талатуйское, Теремкинское, Егоркино, Дельмачик, Киинское и некоторые другие месторождения. В составе золото-сульфидно-кварцевой формации рассмотрим Теремкинское и Киинское.

Теремкинское месторождение расположено в пределах Нерчинско-Куэнгского хребта, в 5 км к северо-западу от пос. Вершино-Дарасунский. Открыто в 1966 году геологами Дарасунской ГРП И.Н. Эповым, В.Г. Звягиным и Ю.А. Аферовым при проведении поисковых буровых работ на северных флангах структур, вмещающих известные жилы Дарасунского месторождения. Разведано в 1972–1993 гг. Дарасунской геологоразведочной экспедицией (Ю.А. Аферов, Г.Ф. Ильина) из шахты глубиной 310 метров на шести горизонтах. Вмещающие горные породы представлены метаморфизованными габброидами нижнепалеозойского возраста, гранитами, граносиенитами верхнепалеозойского-нижнемезозойского возраста, гипабиссальными и субвулканическими малыми интрузиями и дайками плагиогранит-порфиров, фельзит-порфиров средне-верхнеюрского возраста. Месторождение представляет собою ответвление рудно-магматической системы Дарасунского месторождения, отличающегося минеральным составом и элементами залегания рудоносных жил. Оруденение относится к золото-сульфидно-кварцевой формации. По морфологическим признакам рудные тела подразделяются на жилы, рудные зоны и минерализованные дайкоподобные тела гранитов (так называемые ярусы). Среди жил выделяются крутопадающие (Горняцкая, Скоростная, Северная) и пологозалегающие до субгоризонтальных (№ 2, скв. 1118, Сажистая, Вера, Весенняя). Главная масса промышленных запасов золота сосредоточена в пологих жилах. Минерализованные зоны дробления, в основном, приурочены к субширотным разрывным нарушениям с южным падением (рудные зоны № 1, 3, 4, Апофиза Горняцкой, Ключевая), ярусы

представляют собой субгоризонтальные зоны прожилково-вкрапленной минерализации в гранитах мощностью до нескольких метров. Руды состоят из кварца (до 90%), халькопирита, пирита, галенита, сфалерита, висмутина, сульфоантимонитов свинца, сульфосолей свинца и серебра, самородного висмута, айкинита, козалита, тетрадимита, золота, молибденита и других относительно редких минералов. Из жильных минералов, кроме кварца, присутствуют турмалин, карбонаты, сидерофиллит и другие слюды. Золото различается по пробности в существенно кварцевых (относительно высокопробное) и кварцево-слюдисто-турмалиновых (низкопробное, зеленоватое, жила Сажистая, рис. 10.25). Месторождение периодически отрабатывалось подземным способом, руда перерабатывалась на обогатительной фабрике Дарасунского рудника.

Киинское месторождение находится в 27 км к северо-западу от ст. Шилка, в 3 км к востоку от пос. Средняя Кия, в левом борту долины р. Кия. Коренное месторождение выявлено в 1901 году в процессе отработки золотоносной россыпи, открытой Н.П. Аносовым в 1885 году в долине этой реки как следствие находки старателем Бухаровым кварца с видимым Au. Поисковыми работами, организованными золотопромышленником Казановым, выявлено 2 участка – Киинский (8 жил, из коих разрабатывались 4) и Ключевой (7 жил, 2 из которых разрабатывались). Золотоносные жилы залегают в гранодиоритах и гранитах среднепалеозойского возраста. Жилы состоят из кварца, кальцита, турмалина, составляющих до 90% их объема, а также сульфидов, представленных пиритом, халькопиритом, галенитом, антимонитом, молибденитом. Присутствуют золото, вольфрамит и шеелит. Простирание жил меридиональное и широтное, падение на запад и юг под углами 40–70°, протяженность 45–100 метров, мощность до 0,8 метра (ср. 0,4 м), характерны раздувы и пережимы. Разведывалось в 1927–1942 гг. трестом «Забзолото» Наркомцветмета. Отрабатывалось в период 1903–1942 гг. открытым и подземным (штольни, шахты) способами. Всего было пройдено (погонные м) шурфов 64, шахт – 177, штолен, квершлагов и штреков – 993. По официальным данным добыто 170 кг золота. Действительная добыча до 1920-х годов неизвестна. Перспективы не ясны.

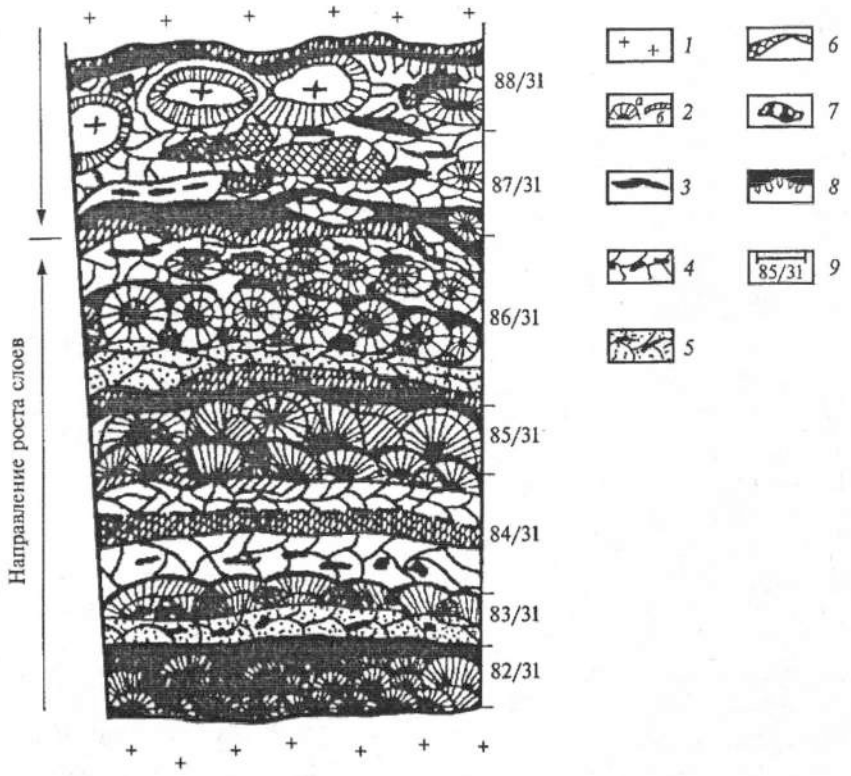


Рис. 10.25. Схема строения жилы Сажистой.

1 – плагиогранит-порфир; 2 – сферолитовый (а) и параллельно-шестоватый (б) агрегаты турмалина; 3 – линзы. Слои и зоны в сферолитах сульфидного состава; 4 – среднезернистый кварц; 5 – тонкозернистый кварц; 6 – слои и линзы сидерофиллита; 7 – линзы карбонатов; 8 – кристаллы кварца в друзовых пустотах; 9 – границы образцов и их номера.

Газимуро-Заводский рудный район. Быстринско-Ширинское месторождение расположено в Быстринском рудном узле, на водоразделе падей Быстрая и Мостовка, и приурочено к зонам дробления нижнеюрских терригенных пород. Выявлены три рудоносные зоны и более 10 рудных тел протяженностью от 70 до 1500 метров и мощностью от 0,1 до 8,42 метра (в раздувах до 17,7 метра), оцененных до глубины 200 метров. Рудные тела – сульфидно-кварцевые образования сложной формы с линзами, прожилками и вкрапленностью пирита, халькопирита, реже блеклой руды, сфалерита, галенита, антимонита, золота, молибденита, гидроокислов железа и малахита. Содержание золота достигает 18,46 г/т, в единичных сечениях – 127,4 г/т. Запасы категории C_2 составляют 3211,7 кг золота, при среднем содержании 5,34 г/т и 698,44 кг серебра, при содержании 1,16 г/т. Прогнозные ресурсы категории P_1 составляли 6 тонн, а категории P_2 – 10 тонн. Кроме того, в Ширинском рудном узле известно месторождение горы Голец Аркиинский с прогнозными ресурсами – 6 тонн.

В пределах **Быстринского** месторождения прогнозные ресурсы золота категории P_2 по состоянию на 2001год [Государственная ..., 2001], составляли 132 тонны.

Лугоканское месторождение в общем виде описано в Части I, кн. 1 настоящего пособия (гл. 8, разд. 8.3.1.6.). Здесь приведем некоторые новые данные, уточняющие сведения по изученности месторождения в последнее время. Отметим, что оно разрабатывалось на медь в XVIII веке и до 1947 года здесь никаких геологоразведочных работ не проводилось. К 2003 году было установлено, что до глубины 500 метров оруденение не выклинивается. Оруденение приурочено к северо-восточному и юго-западному контактам Лугоканского штока гранодиорит- и гранит-порфиров и порфировидных гранодиоритов, прорывающего карбонатные горные породы быстринской свиты раннего кембрия и скарнирующего их. Руды представлены сульфидизированными известковыми скарнами. К указанным зонам контактов приурочены соответственно Северо-Восточная и Юго-Западная рудные зоны. Кроме того, выявлена и внутриинтрузивная рудная зона, образованная в результате

взаимодействия магмы с останцами вмещающих карбонатных пород внутри штока гранитоидов (рис. 10.26).

В северо-Восточной зоне выявлено 1 рудное тело с монометалльным промышленным золотым оруденением и 7 золото-медных рудных тел. Их протяженность 90–124 метра при мощности 3,7–10,3 метра (рис. 10.26, 10.27). Содержание меди 0,13–3,59%, золота – 1,03–4,66 г/т и серебра – 2,93–78,99 г/т.

Юго-Западная зона прослежена на 9,45 км при мощности 10–80 метров. Здесь известно 5 рудных тел с золото-медным и 1 с золотым оруденением. Мощности их 4,6–14,4 метра при длине по простиранию 600–1650 метров. В рудах содержится 0,19–2,83% меди, 0,49–4,45 г/т золота и 3,88–7,16 г/т серебра.

Во внутриинтрузивной зоне выявлено 11 рудных тел с золото-медным оруденением. Мощность их 2,8–15,6 метра, протяженность 60–100 метров. Руды содержат 0,22–4,68% меди, 1,45–6,97 г/т золота и 5–236,4 г/т серебра.

Золото присутствует как в сульфидах (2,4%) и теллуридах, так и свободное. Оно тонкое (0,001–0,07 мм). Незначительная часть его находится в магнетите, силикатах. До 30% золота находится в сростках. По отношению к золоту руды упорные.

По состоянию на 2003 год геологические ресурсы золота в Газимурском медно-порфировом поясе оценивались в количестве 594 т, в том числе: 167 т по Лугоканскому месторождению, 132 т по Быстринскому и 295 по Култуминскому.

Карийский рудный район. Карийское рудное поле находится в истоках р. Кара, впадающей в р. Шилка в 100 км ниже г. Сретенск. Описание рудного поля дается с использованием данных, приведенных в «Энциклопедии Забайкалья» [2006]. Рудное поле включает Дмитриевское месторождение и три рудоносных участка – Новинка, Сульфидный и Амурская Дайка. Дмитриевское месторождение известно с 1903 года. Эксплуатировалось английской концессионерной компанией «Карское золотопромышленное общество» в 1903–1907 гг., а позднее – эпизодически старателями и предприятиями. Разведано канавами, шурфами, штольнями, скважинами. Участок Амурская Дайка открыт в 1903–1905 гг., разведан скважинами и подземными выработками на небольшую (20–50 м) глубину.

В 1964–1965 гг. сотрудниками ЗабНИИ под руководством Ю.В. Онищука открыт участок Новинка, на котором впоследствии силами ЧТГУ выполнены разведочные работы с использованием канав, скважин и штолен. Установлено промышленное значение участка. Проведена частичная эксплуатация (старательская артель «Южная»). В 1967 году геологами ЧТГУ обнаружен участок Сульфидный. Рудное поле сложено разновозрастными интрузивными горными породами. Рудные тела представлены жилами и минерализованными зонами кварц-актинолит-магнетитового (Новинка), кварц-турмалин-арсенопиритового (Сульфидный), кварц-турмалин-пиритового (Дмитриевское) состава и минерализованной дайкой малхитовых гибридных лампрофиров (Амурская Дайка). Жилы участка Новинка достигают в длину 300 метров при мощности не более 1 метра (обычно 20–30 см). Рудные зоны Дмитриевского месторождения в северной части прослежены по простиранию до 300–400 метров при мощности 0,3–1 метр (редко до 3 м), в южной – они наиболее крупные: по простиранию откартированы до 1 км и более, мощность достигает 20–30 метров и более. На участке Амурская Дайка по геофизическим данным отмечается не менее пяти даек малхитовых гибридных лампрофиров. Прослежена и изучена только одна. Выделены кварц-актинолит-магнетитовые и кварц-турмалин-сульфидные руды. Главные рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, пирротином, халькопиритом, магнетитом, галенитом, сфалеритом, сульфосолями. Золото самородное, преимущественно высокопробное. В ассоциации с ним находится тетрадимит. Жильные минералы представлены кварцем, турмалином, полевыми шпатами, слюдами, эпидотом, актинолитом, хлоритом, карбонатами. Рациональная схема переработки руд (по Т.А. Бобковой и Л.Т. Седовой, Центральная лаборатория ЧГУ, 1969 г.) заключается в гравитации Au в голове технологического процесса с последующей доработкой дробленой массы методами, флотации и цианирования. Извлечение Au 96,15%. Промышленная переработка руды на фабрике старательской артели «Южная» включала гравитационное и флотационное обогащение руд обоих типов. Геологические перспективы рудного поля весьма значительны.

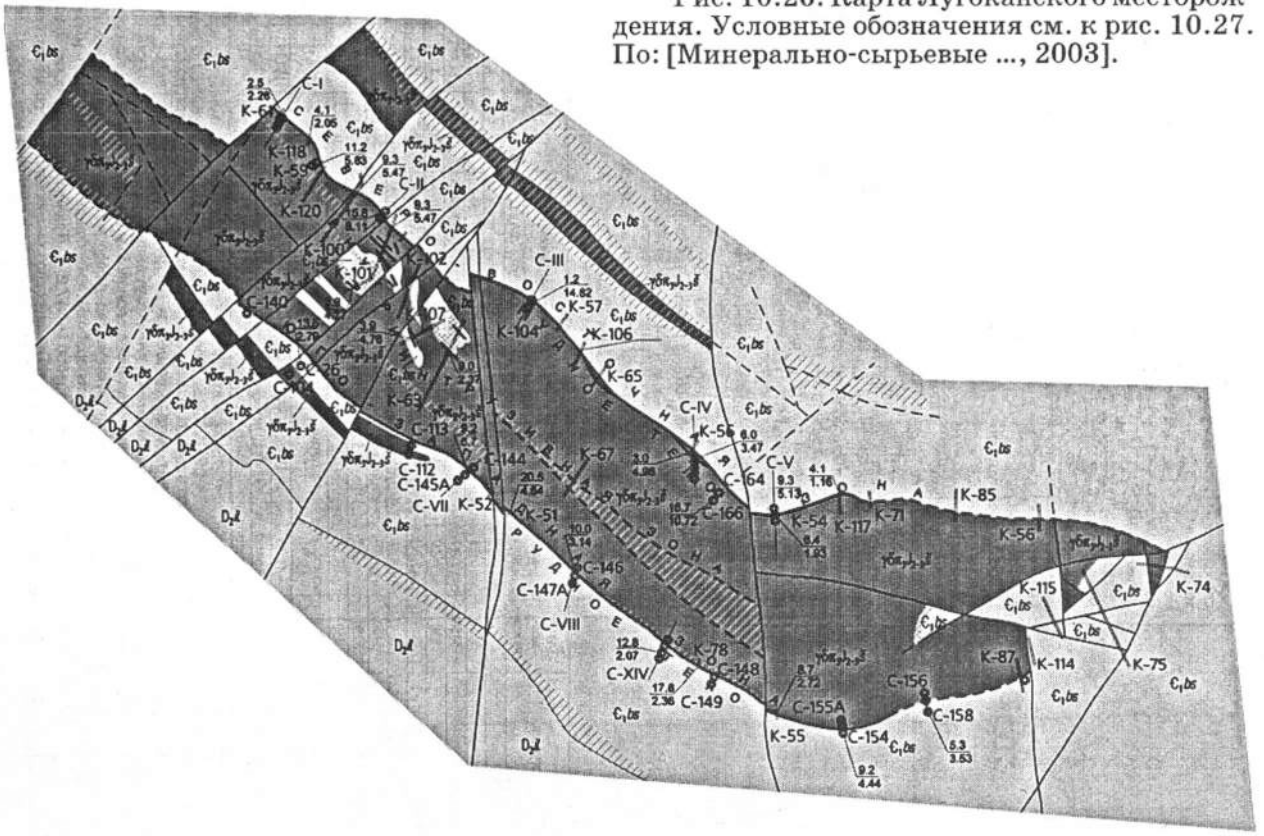


Рис. 10.26. Карта Лугоканского месторождения. Условные обозначения см. к рис. 10.27. По: [Минерально-сырьевые ..., 2003].

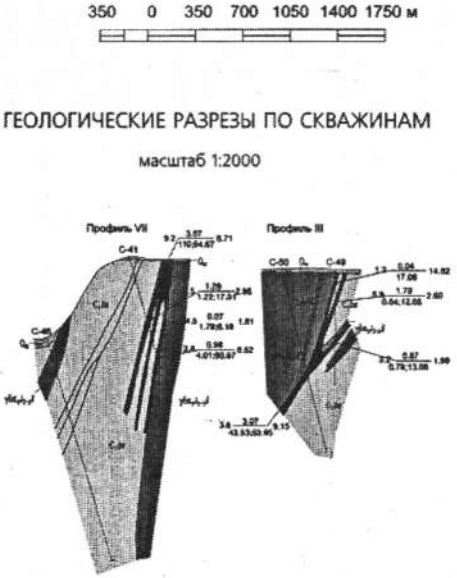


Рис. 10.27. Геологические разрезы Лугоканского месторождения.

Условные обозначения

- Четвертичная система. Суглинки, щебень
- Позднеюрские интрузии. Нерчинско-заводский комплекс. Третья фаза. Лампрофиры.
- Средне-позднеюрские интрузии. Шахтаминский комплекс. Третья фаза. Гранодиорит-порфиры.
- Девонская система. Средний отдел. Ильдиканская свита. Кварц-слюдистые сланцы, прослои песчаников.
- Кембрийская система. Нижний отдел. Быстринская свита. Известняки, доломиты, прослои сланцев.
- Гидротермально измененные породы.
- Скарнированные породы.
- а – б Тектонические нарушения: а)установленные; б)предполагаемые.
- а – б Рудные зоны с установленным (а) и предполагаемым оруденением.
- С-III — С-150 Профили поискового бурения, скважины, их номера.
- К-57 Канавы и их номера
- 3.2 — 0.87 / 0.78;13.08 — 1.99 Параметры рудных пересечений: цифра перед дробью- мощность интервала, м; содержание меди, % (числитель); золота и серебра в г/т, свинца и цинка в % (знаменатель); цифра после дроби- содержание условной меди в %
- Рудные интервалы по скважинам

Пильненское рудное поле, входящее в состав Карийского рудного узла, находится в Сретенском районе Забайкальского края, в 23 км к юго-востоку от пос. Усть-Карск, в 9 км к востоку от Карийского месторождения золота. Открыто в 1931 геологом Черных. Разведывалось и эксплуатировалось в 1934–1951 гг. штольнями и наклонными шахтами до глубины 190 метров как жильное с высоким (среднее 12 г/т) содержанием золота в рудах. Добыто 1097 кг золота. С 1953 года законсервировано. Остаточные запасы были списаны как нерентабельные. В 1952–2000 гг. периодически проводились в небольшом объеме геологоразведочные работы различными организациями. Вмещающие горные породы месторождения – крупнозернистые биотитовые граниты среднепротерозойского возраста, прорванные разноориентированными дайками гибридных порфиров, грорудитов, аплитов верхнеюрского возраста. Рудные тела месторождения – это пологие (20–40°) северо-западные (300–330°) жильно-прожилковые зоны мощностью 10–30 метров, протяженностью до 400 метров. Протяженность отдельных жил в жильно-прожилковой зоне от 50 до 250 м, падение от 0–20° до 70° на северо-восток. Они состоят из кварца, турмалина, сульфидов, актинолита и магнетита. Это сближает их с месторождением Новинка. Мощность жил в промышленных участках 0,10–2,0 метра, содержание золота 12–27 г/т, мощность жильно-прожилковых зон – 10–30 метров при содержании золота – 5–6 г/т. Размер золотин – до 1 мм. Отработкой затронуты 2 жильно-прожилковые зоны, в одной из которых стволовой является жила Победа, а в другой – жила 1. Золотоносны также линейные жильно-прожилковые зоны гидротермально измененных горных пород в межжильном пространстве. Поэтому проектируется их отработка небольшими карьерами. Технология обогащения этих руд, содержащих в среднем 3–6 г/т золота, предусматривается кучным выщелачиванием.

В **Могочинском** рудном районе находится значительное число месторождений золота различной формационной принадлежности. К золото-сульфидно-кварцевой формации относятся все объекты **Итакинского рудного поля,** включающего

участки или месторождения Сурьмяная Горка, Гавриловский, Малеевский, Алексеевский. Оно расположено в 38 км к северу от ж.-д. ст. Ксеньевская в левобережье долины р.Итака, правого притока р.Черный Урюм. Золото в долине ключа Алексей (Алексеевский) было обнаружено горным инженером Э. Тиром в 1871 году (по другим данным в 1870), где уже в 1872 году было добыто 104,4 кг благородного металла. Впоследствии были открыты россыпи по ручьям Малеевский, Лазаретный и другим и построен прииск Итака. Коренное золото Итакинского месторождения выявлено в 1961–1963 гг. в процессе геологической съемки под руководством Е.И. Недори. На некоторых участках велась старательская добыча золотосодержащего сурьмяного концентрата. Разведано под руководством В.А. Калашникова в 1982–1989 гг.

Итакинское рудное поле локализовано в западной части Могочинского выступа Урюмо-Нюкжинской зоны Становой складчатой области протерозойского возраста [Месторождения Забайкалья, 1995]. Эта зона относится к северо-восточной части золото-молибденового пояса Забайкалья. Итакинское рудное поле приурочено к западному флангу Итака-Могочинской рудоносной зоны. С момента открытия в 1963 году Итакинского золото-сурьмяного месторождения (участок Сурьмяная Горка) оно периодически изучается более четверти века. К настоящему времени определено, что все известные участки (Сурьмяная Горка, Гавриловский, Малеевский, Алексеевский) являются составными частями единого Итакинского рудного поля. К нему пространственно тяготеют и генетически связаны известные золотоносные россыпи по р. Итака и ее притокам.

Геологическое строение, минеральный состав руд, рудная зональность рудного поля неоднократно обсуждались в литературе. Здесь отметим лишь то, что в геотектоническом отношении оно расположено в западной части Могочинского антиклинория, сочленяющегося с юга с Амазарским, а с севера – Тунгирским синклинориями. Положение рудного поля контролируется протяженной субширотной длительно функционирующей Итака-Могочинской мобильной зоной тектонической активности.

В пределах рудного поля выделяются три структурных этажа. Нижний сложен архейскими осадочно-метаморфическими породами и интрудирован протерозойскими и палеозойскими гранитами, гранодиоритами и габбродиоритами, развитыми преимущественно в восточной и северо-западной его частях. Средний структурный этаж сложен амананским магматическим комплексом, связанным с раннемезозойской активизацией, представленным гранитоидами, дайками аплитов и аплитовидных гранитов, а также верхнеюрскими осадочно-эффузивными толщами и штоками, дайками гибридных гранитоидов щелочного ряда амуджиканского комплекса, с которым связывается золотое оруденение. Верхний структурный этаж сложен нижнемеловыми и четвертичными осадочными и осадочно-эффузивными породами и покровами лав липарито-дацитового состава (рис. 10.28).

Рудное поле, сложенное перечисленными комплексами горных пород в результате дизъюнктивных тектонических процессов, имеет мозаично-блоковую структуру, осложненную трещиноватостью. Зона распространения дизъюнктивных дислокаций имеет северо-западное простирание при длине более 5 км и ширине до 2,5 километра. В северо-западной его части располагается Сурьмяная Горка, в юго-восточной – Малеевский участок. Гавриловский участок находится в северо-западной части рудного поля и контролируется сериями нарушений субширотного и северо-восточного простирания.

Золото-сурьмяное месторождение Сурьмяная Горка представлено серией рудных зон и жил, из которых наибольшее значение имеют зона № 3 (золото-антимонит-кварцевая) и жилы 3, 48 и 21.

Структуры руд – мелко- тонкозернистые, нередко со следами раскристаллизации гелей. Оруденение теснейшим образом связано с дайками лампрофиров.

Малеевский участок имеет очень сложное строение и в целом представляет собою серии жильных зон, развитых в интенсивно измененных (березитизация, пропилитизация, аргиллизация, гематимизация) гранодиорит-порфирах и граносиенит-порфирах, рассеченных дайками гибридных лампрофиров.

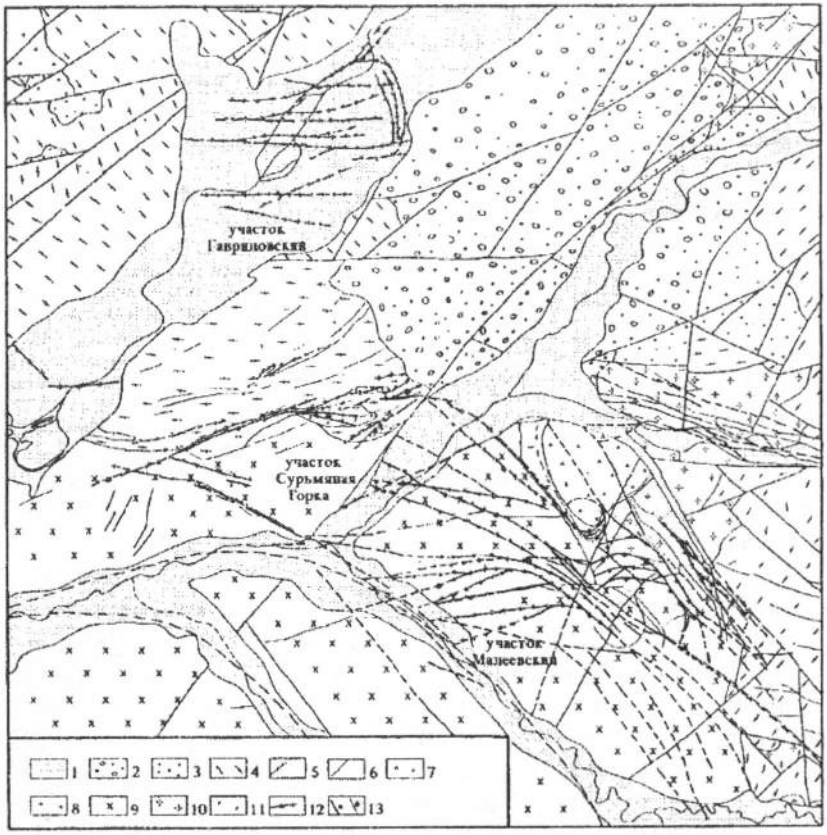


Рис. 10.28. Схематическая геологическая карта Итакинского золоторудного месторождения. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – четвертичные отложения; 2 – осадочные отложения тигнинской свиты; 3 – вулканогенно-осадочные отложения нюкжинской серии; 4 – архейские гнейсы и гранулиты; 5–6: амуджиканский вулканоплутонический комплекс: 5 – дайки; 6 – дациты (первая фаза); 7–9: амананский комплекс: 7 – дайки аплитов и пегматитов; 8 – граниты; 9 – гранодиориты; 10 – граниты олекминского комплекса; 11 – раннепротерозойские габбро; 12 – рудные зоны; 13 – тектонические нарушения (а) и геологические границы (б).

Рудные тела не имеют четких геологических границ и оконтуриваются на основе опробования, хотя среди них и устанавливаются маломощные сульфидно-карбонатно-кварцевые жилы, находящиеся в березитизированных, аргиллизированных и гематитизированных щелочных гранитоидах. Простирание рудных тел и зон – северо-западное, мощность 1–1,5, реже 2–3 метра. Протяженность по простиранию – 500 (Южная зона), 1200 (Центральная зона) до 1400 метров (Северная зона), по падению – до 250 метров.

В пределах рудных зон выделяются ветвящиеся, с переменной мощностью сульфидно-кварцевые жилы сложных брекчиевидных, ритмично-полосчатых и фестончатых текстур.

Руды локализованы в зонах дробления и каолинизации гранитогейсов архейского возраста и представлены жильными и минерализованными зонами (рис. 10.29). На участке Сурьмяная Горка известно более 20 антимонитово-кварцевых жил протяженностью десятки – первые сотни метров и мощностью 0,1–0,3 метра, до 2,7 метра. Серии жил образуют оруденелые зоны протяженностью до 800 метров и мощностью до 30 метров. Промышленное оруденение развито до глубины 360–410 метров от дневной поверхности. Ниже, по данным И.В. Гольдмахера, ожидается оруденение золото-кварц-сульфидной формации. Форма рудных тел – жилы, линейные жильные зоны, гнезда, тела сложной морфологии.

Тип оруденения золотоантимонитовый. Состав руд кварцево-антимонитовый с участием кварцево-полиметаллической и кварцево-пиритово-арсенопиритовой минерализации с Au. Кварцево-антимонитовый более характерен для Сурьмяной Горки, а кварц-арсенопиритовый – для участка Гавриловский.

Минеральный состав руд достаточно сложный. К гавным минералам всех участков относятся пирит, арсенопирит, антимонит, кварц. Кроме главных минералов в рудах присутствуют гематит, сфалерит, галенит, пирротин, антимонит, висмутин, алтаит, фрейбергит, тетраэдрит, тетрадимит, борнит, стефанит, овихиит, штромейерит, буланжерит, борнит, идаит, станнин.

Среди жильных минералов обычны мелкошестоватый мусковит, хлорит, манганкальцит, анкерит, сидерит, родохрозит, эпидот, барит.

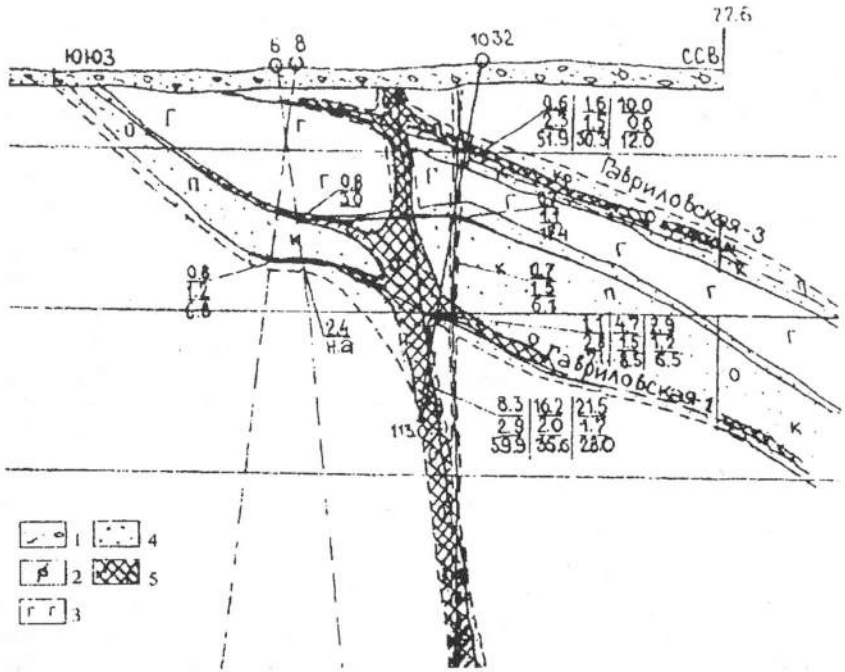


Рис. 10.29. Пример строения рудных столбов. Участок Гавриловский. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – четвертичные отложения; 2 – архейские гнейсы и гранулиты; 3 – габброиды раннепротерозойского комплекса; 4 – ореолы метасоматических преобразований; 5 – рудные тела и результаты опробования (мощность, м; концентрации золота и серебра, г/т).

Пирит распространен повсеместно и количественно преобладает над всеми другими. На участках Сурьмяная Горка и Гавриловский широко развит арсенопирит, на Малеевском участке относящийся к второстепенным. Антимонит широко развит на Сурьмяной Горке, где наряду с золотом является важнейшим промышленным минералом. На участке Гавриловский он также относится к главным, а на Малеевском встречается крайне редко.

На Малеевском участке по минеральному составу выделяется 4 типа руд: золото-сульфосольно-турмалиново-пиритово-кварцевый (70–80%), золото-сульфосольно-адуляро-во-кварцевый (10–15%), золото-арсенопирит-кварцевый (5–10%), золото-гетит-гидрогетит-гематит-кварцевый (5–10%).

Здесь присутствуют также сфалерит, галенит, халькопирит, марказит, молибденит, блеклые руды, фрейбергит, теллуриды золота и серебра, золото, самородное серебро, другие минералы серебра. Особенностью структуры существенно кварцевых агрегатов является их гетерокристалличность. Обычен рисовидный кварц, который связан взаимопереходами с неравномернозернистым, характеризующимся тем, что крупные зональные, пористые кристаллы кварца 0,5–3,0 мм окружены корками, венчиками, присыпками мелких (0,05–0,1 мм) кристалликов кварца и их агрегатов. Наблюдается интенсивное многократное дробление агрегатов аргиллизитов и березитов, а также тонкополосчатых адуляро-сульфидно-карбонатно-кварцевых агрегатов ранних генераций и пересечение их слабозолотоносным или непродуктивным светло-серым ритмично-полосчатым кальцит-кварцевым агрегатом. Эта особенность типична для всех малоглубинных и переходных к ним минеральных тел.

Серебряная минерализация больше развита на участке Малеевском, являющемся по структурно-текстурным особенностям кварца и ряду его свойств отдаленным аналогом малоглубинной золото-серебряной формации и больше всего похож на Верхнее рудное тело Многовершинного месторождения в Нижнем Приамурье.

Всего разведано с подсчетом запасов 36 рудных тел. Содержание золота в рудах Итакинского рудного поля неравномерное

и находится для разных рудных тел в пределах 1,5–30 г/т. Иногда в участках развития сульфидных залежей и гнёзд оно достигает 200 г/т. На участке Сурьмяная Горка среднее содержание золота 3,4–6,6 г/т, серебра – 6,2 г/т. Руды Гавриловского участка примерно соответствуют таковым Сурьмяной Горки (золота – 3,0–6,0, а серебра – 6,5 г/т). На Малеевском содержание золота 1,5–5,6 г/т, а серебра – 4,0–24,5 г/т. Содержания Sb неравномерные, средние содержания по разным рудным телам 4,5–16%.

Руды труднообогатимые, тем не менее технология их обогащения и переработки разработана ЗабНИИ Мингео СССР. Обогатимость руд Сурьмяной Горки и Малеевского участка изучена на лабораторных и полупромышленных технологических пробах. Для участка Сурьмяная Горка рекомендована двухстадиальная флотационно-селективная схема обогащения со сквозным извлечением золота 83,8%. Для участка Малеевский разработана флотационно-гравитационная схема, позволяющая извлекать в концентрат 96% золота из первичных руд и 67,7% из окисленных. Концентраты руд участка Сурьмяная Горка содержат 23–65 г/т золота, 43,4 г/т серебра и 9,4% мышьяка, а Малеевского участка, соответственно, – 50,9–95,5 г/т, 36,4–289,9 г/т и 0,6–1,4%.

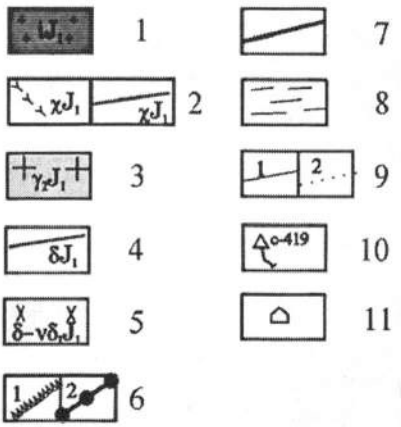
По сумме разведанных запасов и прогнозных ресурсов категории P_1 Итакинское месторождение отнесено к разряду крупных. Руды Сурьмяной Горки предполагается отрабатывать подземным способом с годовой производительностью 350 тыс. тонн. Участок Малеевский с 2005 года разрабатывается открытым способом по транспортной системе с проектным объемом годовой производительности около 550 тыс. тонн.

В 70 км к юго-востоку от Итакинского месторождения расположено **Майское** золотосурьмяное месторождение, обладающее аналогичной геологической характеристикой.

Александровское месторождение находится на территории Могочинского района Забайкальского края в 10 км к западу от рудника Ключи. Входит в состав Ключи-Давендинского рудного узла, являясь непосредственным продолжением Давендинского золото-молибденового месторождения. Месторождение

разведано с поверхности скважинами глубиной 150–210 метров, штольнями на двух горизонтах (80 и 65 м), а также на 200 метров ниже штольни № 2 единичными скважинами ещё на 200 метров. Представлено сульфидно-кварцевыми жилами, штокверковыми телами и зонами кварц-микроклиновых метасоматитов, локализованными в среднеюрских диоритах и габбро-диоритах, прорванных среднезернистыми порфировидными гранитами и дайками микродиоритов, лампрофиров и аплитовидных гранитов. Жилы контролируются крутопадающими зонами тектонической активности, а зоны штокверков пологими тектоническими нарушениями. Зоны метасоматитов контролируются разломами, имеют сложную конфигурацию. Мощность их – первые метры. Содержание золота 5–7 г/т (рис. 10. 30).

Жилы имеют протяженность 50–200 метров при средней мощности 0,8–1,0 метр. Среднее содержание золота в жильных рудах 8–15 г/т. В штокверковых рудах содержание находится в пределах 1,6–3,0 г/т. По состоянию на 01.01.2005 числятся следующие запасы (т) по категориям: C_1 – 5,391 при содержании 8,3 г/т, C_2 – 2,137 при содержании 6,85 г/т.



1 – аплитовидные граниты; 2 – лампрофиры; 3 – среднезернистые порфировидные граниты; 4 – микродиориты; 5 – диориты, габбро-диориты; 6 – жилы: 1 – халцедоновидного кварца, карбоната, 2 – золото-сульфидно-кварцевые; 7 – тектонические нарушения – крупные установленные по геологическим данным; 8 – зоны милонитизации; 9 – контакты пород: 1 – установленные, 2 – фациальные; 10 – скважины колонкового бурения, их номера; 11 – подземные горные выработки – штреки.

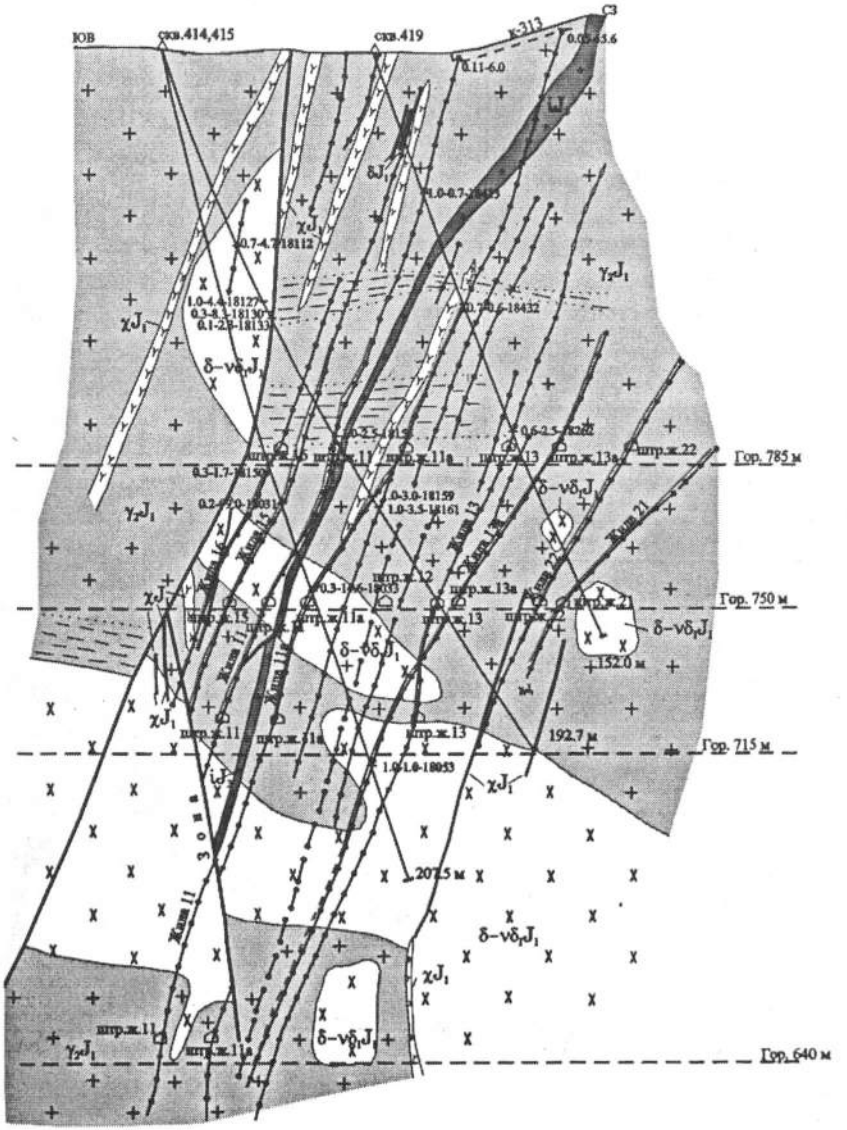


Рис.10.30. Геологический разрез Александровского месторождения.

Суммарные запасы при среднем содержании 7,83 г/т составляют 7,528 тонны. Кроме того, по штокверковым зонам подсчитаны прогнозные ресурсы золота категории P_1 в количестве 18,3 т при среднем содержании 2,5 г/т. Это позволяет организовать добычу с использованием как стандартной технологии обогащения с использованием цианирования в конце процесса для жильных руд, так и кучного выщелачивания для бедных штокверковых [Инвестиционные ..., 2006].

Дыбыксинское месторождение расположено в Дульдургинском районе Забайкальского края, в 114 км к юго-западу от ж.-д. ст. Дарасун, в 111 км к юго-западу от пос. Агинское. Месторождение открыто А.Н. Тимощуком в 1961 году (Хапчерангинская партия Минцветмета). Предварительная разведка проведена в 1994–1996 гг. Западным ГГП («Читагеолком», «Роскомнедра»). Входит в Тура-Илинский (Оленгуйский) рудный район, Илинский рудный узел. По О.И. Широкому [Энциклопедия Забайкалья, 2004], оруденение приурочено к участкам дробления и милонитизации зоны Дыбыксинского разлома северо-восточного простирания, северо-западного (40–60°) падения. Вмещающие горные породы – граниты, гранит-, гранодиорит-, граносиенит-порфиры позднеюрского возраста. Оруденелыми являются кварц-серицитовые и кварц-альбит-турмалиновые метасоматиты с наложенной золотокварц-сульфидной минерализацией. Известно одно промышленное рудное тело сложной веретенообразной формы близповерхностного залегания. Простирание его северо-восточное, с падением на северо-запад. Протяженность 420 метров, мощность 15,5–54,3 метра (средняя 39,5 м). Главный промышленно важный рудный минерал – золото. Руды сложены плагиоклазом, кварцем, биотитом, калинатровым полевым шпатом, турмалином, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, магнетитом. Второстепенные минералы – апатит, молибденит, турмалин. Руда – золотосодержащая сульфидно-кварцево-силикатная полуокисленная, бедная. Средние содержания золота в балансовых рудах категории C_1 – 4,46 г/т, C_2 – 2,91 г/т. Разработка рентабельна открытым способом с транспортировкой руды автомобильным транспортом. Извлечение металла методом кучного выщелачи-

вания. Возможен прирост запасов за счет доразведки объекта. Не отрабатывалось.

В этом же Турга-Илинском (Оленгуйском) рудном районе находятся **Илинское, Ара-Илинское, Евдокия-Васильевское** месторождения. Илинское расположено в Дульдургинском районе Забайкальского края, в 95 км к юго-западу от ж.-д. ст. Дарасун, в 36 км к северо-западу от с. Дульдурга, в 1 км к юго-востоку от с. Ара-Иля. Открыто в 1886 году мещанином Е.О. Грищевым при разработке россыпи по р. Безымянка. Разрабатывалось в 1879–1903 гг. и 1930–1962 гг. В советское время, наряду с добычей золота Хапчерангинским комбинатом Читинского Совнархоза, производилась доразведка и эксплоразведка. Входит в Илинский рудный узел, составляя одноименное рудное поле. По О.И. Широкому [Энциклопедия Забайкалья, 2004], приурочено к Дыбыкса-Илинской зоне разлома и оперяющим трещинам, секущим нижнемезозойские гранитоидные породы, среднемезозойские эффузивные и интрузивные образования. Мощность зоны разлома 40–150 м, простирание северо-восточное, падение крутое на северо-запад, протяженность 25 км. Месторождение состоит из Восточной и Западной рудных зон. Промышленные рудные тела обычно имеют форму рудных столбов размером от 4х4 до 40–76 м, по падению до 70 метров. В Западной зоне наблюдается линзообразное тело, имеющее длину по простиранию 200 м, по падению 70 м при мощности 2,5 метра. Главные минералы – кварц, пирит и арсенопирит; второстепенные – пирротин, галенит, сфалерит, халькопирит, серицит. Главный промышленный минерал – золото. Руда золотосульфидно-кварцевая. Золото мелкое комковидное, тонкопластинчатое и пылевидное. Размер золотин 0,05–0,3 мм. Пробность 830. Содержание до 290 г/т. Добытая руда в среднем содержала 4,71 г/т, в том числе до 1913 – 10,55 г/т, с 1913 по 1962 – 3,46 г/т. Способы разработки – подземный (до 70 м) и открытый (до 30 м). Руда обогащалась по гравитационно-флотационной схеме. Действовал также сезонный перколяционный завод по извлечению Au из хвостов обогатительной фабрики выщелачиванием цианистым натрием. Возможен прирост запасов за счет доразведки месторождения на глубину и флангах.

Дальнейшей разработке месторождения препятствует близость Алханайского национального парка, хотя на экологическую ситуацию в районе месторождения добыча руд и переработка руды существенно не скажется.

Хвосты переработки руд Ара-Илинского месторождения с 1879 по 1962 год находятся в одноименном хвостохранилище. Переработано около 700 тыс. тонн руды со средним содержанием золота 4,6 г/т, что соответствует его запасам 3220 кг. При извлечении на фабрике 61% в хвостах осталось 1250 кг золота. Размеры хвостохранилища 400 х 200 м при мощности пласта 4 метра. Отсюда объем хвостов – около 320 тыс. м^3. Запасы золота могут быть легко извлечены. Запасы золота могут быть легко извлечены без особого ущерба для экологической ситуации в окрестностях Алханайского национального парка.

В **Кедровско-Витимконской** золоторудной зоне находится **Кедровское** месторождение, приуроченное к южным отрогам Южно-Муйского хребта. В 1952 году В.А. Сергиевским впервые была разведана жила Осиновая. Затем Мулюковым в 1961 году разведаны жилы Баргузинская I и II.

Центральную часть рудного поля слагают гранитоиды Кедровского массива, прорывающего осадочно-метаморфические терригенные и терригенно-карбонатные горные породы кедровской свиты нижнего протерозоя. Большая часть золоторудных кварцевых жил находится в метаморфизованных известняках и песчанистых сланцах. Габброиды муйского нижнепротерозойского и гранитоиды баргузинского верхнепротерозойского комплексов, прорванные палеозойскими порфировидными гранитами и мезозойскими дайками микродиоритов, лампрофиров и диабазов, вмещают золоторудные кварцевые жилы. Дайки нередко контролируют их локализацию (рис. 10.31). Это указывает на генетическую связь оруденения с мезозойским магматизмом и парагенетическую – с дайковым комплексом.

Рудовмещающие горные породы лиственитизированы и березитизированы. Зоны метасоматитов, даек и кварцевых жил приурочены к трещинам, оперяющим зоны тектонической активности (милониты и катаклазиты) образующим так называемую Главную зону разломов мощностью до 10–80 м, прослеженную на 15 км.

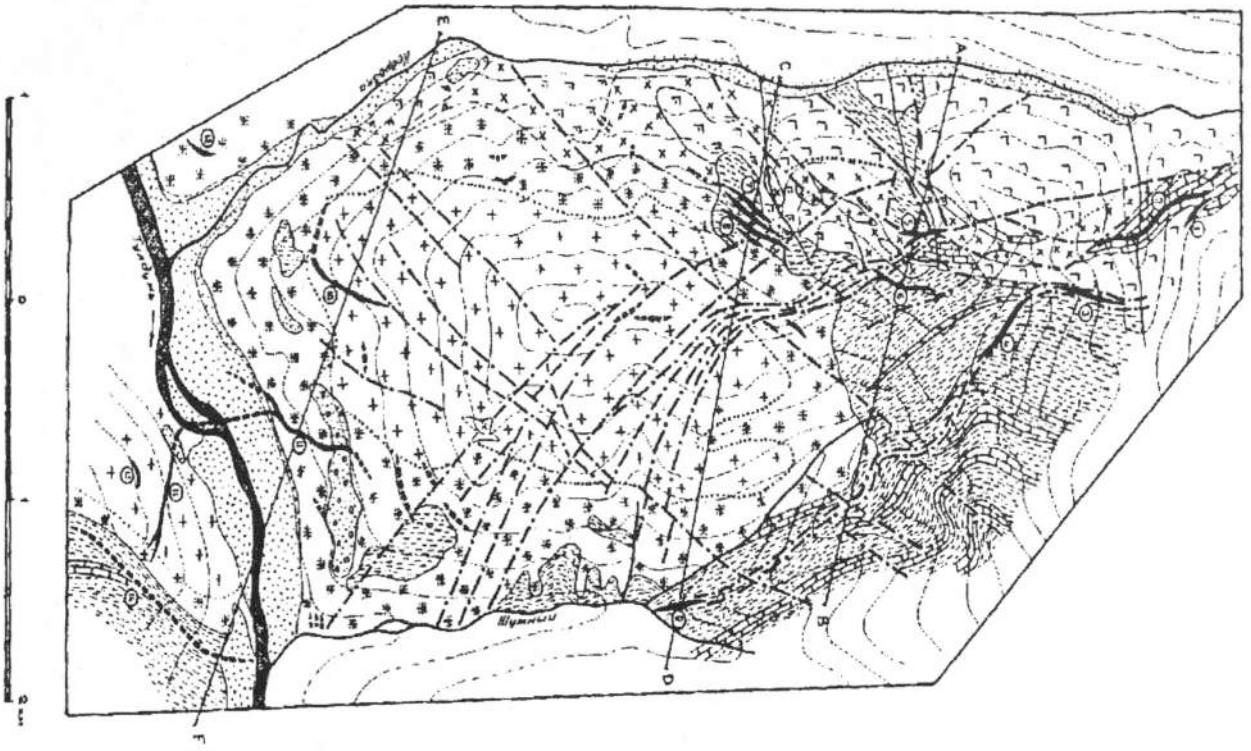


Рис. 10.31. Геолого-структурная карта Кедровского рудного поля (условные обозначения и геологические разрезы см. на рис. 10.32). По: [Золото Бурятии, 2004].

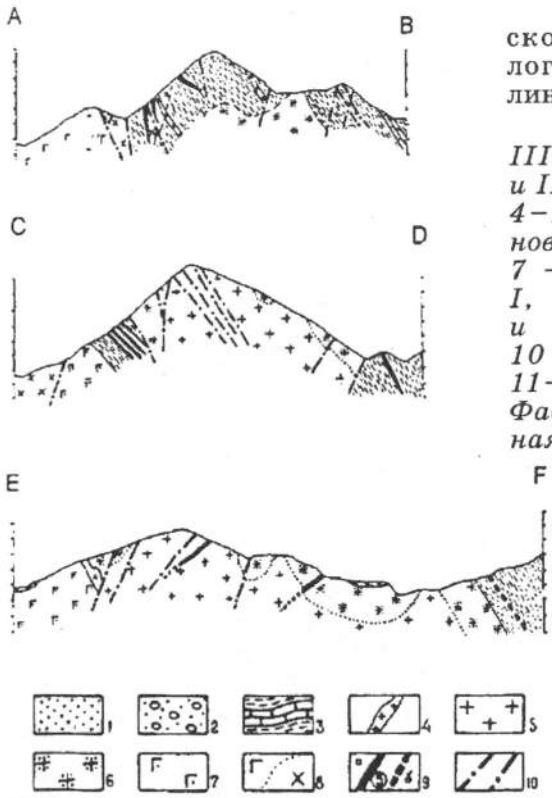


Рис. 10.32. Кедровское рудное поле. Геологические разрезы по линиям AB, CD иEF.

1 – Петелинская III, 2 – Петелинская I и II, 3 – Штурмовая II, 4 – Штурмовая I, 5 – Осиновая, 6 – Параллельная, 7 – Шаманская II и I, 8 – Шаманская III и IV, 9 – Шумная, 10 – Баргузинская II, 11 – Баргузинская – I, 12 – Фабричная, 13 – Западная, 14 – Майская.

1 – современные пролювиально-делювиальные отложения; 2 – ледниковые и озерно-речные отложения средне- и верхнечетвертичной системы; 3 – кедровская свита: мраморизованные известняки, карбонатно-слюдистые, кварц-полевошпат-слюдистые, кварц-слюдистые и двуслюдяные сланцы, парагнейсы с прослоями кварц-хлоритовых сланцев, песчаников, кварцитов; гуджирский комплекс: 4 – гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, фельзит-порфиры; баргузинский комплекс: 5 – граниты, плагиограниты основной фации; 6 – гранодиориты, кварцевые диориты и диориты краевой фации; муйский комплекс: 7 – габбро крупнозернистое с вкрапленниками титаномагнетита; 8 – габбро средне-мелкозернистое, кварцевое габбро, габбродиориты, диориты, кварцевые диориты; 9 – жилы кварца (а – прослеженные, б – предполагаемые); 10 – разрывные нарушения.

В пределах рудного поля известно более 10 кварцевых жил, содержащих весовые концентрации золота. 20 из них в той или иной мере изучены с поверхности, а по 9-ти подсчитаны запасы и по трем – утверждены в ГКЗ СССР.

Рудные тела – кварцевые и сульфидно-кварцевые жилы – в основном полого падающие (20–30°), мощностью 0,3–2,4 м, потяженностью от десятков до 300–500 метров. Среднее содержание золота составляет 15,2 г/т, достигая 66,2 г/т.

Известны жилы Осиновая, Баргузинские I и II, Верхне-Безымянская I, Шаманские, Промежуточная, Олежкина, Майская, Фабричная и другие. В северной и восточной частях рудного поля жилы находятся в осадочно-метаморфических породах. В промышленных (Осиновая, Шаманские, Олежкина и др.) повышены содержания сульфидов и, соответственно, свинца, цинка и меди, а также преобладает серебро над золотом. В южной и центральной частях рудного поля жилы (например, Баргузинские) и дайки локализованы в гранитоидах Кедровского массива. Они отличаются низким содержанием сульфидов и преобладанием золота над серебром.

Схема переработки руд, содержащих сульфиды свинца и цинка, включает амальгамацию и коллективную флотацию хвостов амальгамации. Извлечение при этом достигнуто по золоту 97%. Дальнейшую переработку хвостов амальгамации предлагалось вести цианированием. Извлечение золота достигалось 98,97%. А извлечение свинца и цинка – селективной флотацией с получением свинцовых и цинковых концентратов. По другой схеме предлагается использование гравитационного способа с последующим цианированием. По данным [Золото Бурятии, 2004] переработка руд предполагается на Ирокиндинской фабрике по принятой схеме для руд Ирокиндинского месторождения. Разработка месторождения началась в 1986 году с жилы Баргузинская II. К 1998 году добыто 550 кг золота при утвержденных запасах 245 кг. Для пересчета запасов в 1996 году минимальное промышленное содержание было принято 8,8 г/т, бортовое содержание 3 г/т при мощности рудных тел 1 метр. Месторождение относится по запасам к средним. Однако предполагается возможным довести запасы до 150 тонн (см. табл. 10.4).

Определенный интерес как возможные промышленные источники золота золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций представляют относительно слабо изученные объекты Анамакит-Светлинской структурно-минерагенической зоны, расположенной в северной части Баргузинского хребта. Здесь В.Г. Филатовым в 1986 году выделены **Орколикан-Правомамский и Анамакитский** золоторудные узлы. Первый (рудное поле участка Северного) приурочен к контакту гранитоидов муйского комплекса и кислых метаэффузивов нюрундуканской свиты. Здесь выявлено 11 участков развития жил и жильных зон. Мощность жил 0,1–2,0 м при протяженности 150–200 м, жильных зон – 20–50 м при протяженности 50–250 метров. Общее содержание сульфидов 3–5 %, редко в прожилках до 15–30%. Они представлены пиритом, халькопиритом, галенитом, реже – сфалеритом. Содержание золота в жилах среднем 18–20 г/т, серебра – 60–90 г/т, зонах прожилкования, соответственно: 0,8–6,6 и 10–12 г/т. Ресурсы $P_2 + P_3$ при содержании золота 8 г/т, по данным В.Г. Филатова (1986 г.), составили 130 т золота. В Анамакитском узле, по В.Г. Филатову (1986 г.), развиты как золото-кварцевые жилы, залегающие в раннепротерозойских вулканогенно-осадочных отложениях нюрундуканской свиты, так и в терригенно-карбонатных – анамакитской серии венд-кембрийского возраста, а также в секущих их мелких штоках и дайках березитизированных гранит- и гранодиорит-порфиров. Содержание золота – от десятых долей до 20–30 г/т, а серебра – до 30–90 г/т. В этом же узле развиты зоны прожилково-вкрапленной медно-полиметаллической минерализации в карбонатных породах и гранитах, а на контактах их – гранат-пироксеновые скарны. Содержание золота в минерализованных зонах до 8 до 10 г/т, а в скарнах до 10 г/т. Ресурсы этих участков $P_2 + P_3$ при содержании золота 5 г/т, по данным В.Г. Филатова (1986 г.), составили 80 т золота.

Урик-Китойская золоторудная зона на юго-западе Республики Бурятия, являющаяся частью Гарганского рудного района, содержит группу месторождений, характеризующихся специфическими особенностями, заключающимися в пространственной связи их с древней офиолитовой формацией. Геологическое строение Урик-Китойской золоторудной зоны

представлено на рис. 10.33. Здесь развиты руды с переменным количеством сульфидов, прежде всего пирита. Оруденение находится как в метаморфизованных гранитоидах, так и в карбонатно-черносланцевых горных породах, содержащих относительно слабо метаморфизованный вулканогенно-осадочный материал. В нем локализованы руды, содержащие золото, связанное преимущественно с сульфидами. Эти руды несут следы относительно малоглубинных процессов минералообразования [Золото Бурятии, 2004]. Эти особенности Зун-Холбинского и других месторождений отличают их от типичных месторождений среднеглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации, в которых оруденение находится в непосредственной связи с рудогенерирующими магматическими горными породами, образующими тела малых интрузий среднего состава со щелочным уклоном, или гибридными лампрофирами. Поэтому месторождения Урик-Китойской золоторудной зоны с некоторой степенью условности отнесены к среднеглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации.

Зун-Холбинское месторождение входит в состав Холбинского рудного поля, а оно, в свою очередь, в Урик-Китойскую золоторудную зону. **Зун-Холбинское** месторождение является наиболее крупным из разрабатываемых месторождений золота в Республике Бурятия. Открыто в 1955 году О.Ф. Горнаковым и А.Г. Лакиным. Расположено в юго-восточной части Восточного Саяна на водораздельной площади верховий рек Урик и Китой. В 1956–1967 гг. проведена разведка кварцевых жил, определены запасы по категориям C_1 и C_2 и отнесено к мелким с упорными рудами. Затем с перерывами, в течение 1977–1992 гг., разведаны глубокие горизонты, что позволило определить сложность геологического строения и крупные запасы месторождения. В основании сложного многоэтажного Гарганского рудного района залегают Гарганский метаморфический комплекс или комплекс основания. Он занимает южную часть Холбинского рудного поля и представлен тремя гнейсогранитными куполами – Самартинским, Улзытинским и Гарганским. Эти купола сложены метаморфическими образованиями, в основном гнейсогранитами и гнейсогранодиоритами архей-нижнепротерозойского возраста, а также гранитогнейсами, биотит-муско-

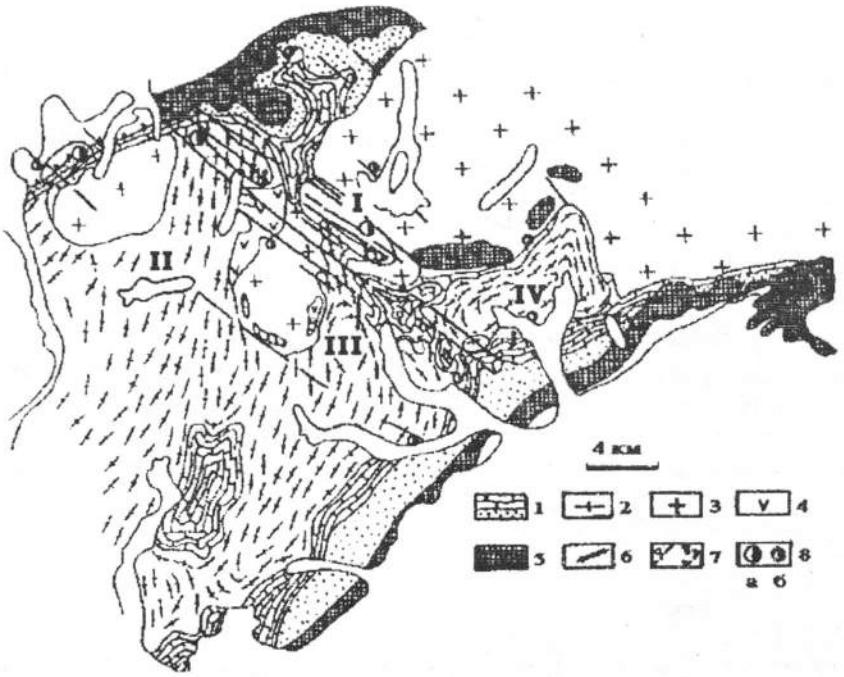


Рис. 10.33. Геологическое строение Урик-Китойской золотоносной зоны. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – иркутная (монгошинская)+ильчирская свиты позднего протерозоя: иркутная свита – мраморизованные известняки, горизонты черных сланцев, аркозовые песчаники, ильчирская свита – зеленые и черные сланцы, туфосланцы и туфопесчаники с олистолитами известняков и серпентинитов; 2 – гарганский метаморфический комплекс, AR–PR$_1$gr; 3 – плагиограниты и гранодиориты сумсунурского комплекса γδ$_2$PZ$_1$sm; 4 – габбро, габбро-диориты, диабазы; 5 – породы офиолитовой ассоциации; 6 – дайки диабазов и диабазовых порфиритов; 7 – дизъюнктивы (а) и надвиги (б); 8 – золоторудные месторождения (а) и рудопроявления (б); I – Зун-Холбинское месторождение; II – Гарганский гнейсогранитный купол; III – Улзытинский гнейсогранитный купол; IV – Самартинский гнейсогранитный купол.

витовыми, биотит-амфиболовыми гнейсами [Месторождения Забайкалья, 1995]. Все месторождения этой зоны относятся к золото-сульфидно-кварцевой формации, отдельные составные части которой условно могут быть отнесены к малосульфидному золото-кварцевому минеральному типу (Пионерское, Барун-Холбинское, Самартинское, Гранитное) месторождений. Если малосульфидные золотокварцевые жилы локализованы, в основном, в гнейсогранитах комплекса основания Гарганской глыбы, реже – в интрузивных гранитоидах холбинского комплекса и в единичных случаях «проходят» в карбонатные породы чехла [Золото Бурятии, 2004], то золото-сульфидно-кварцевые (Зун-Холбинское, Водораздельное, Лиственитовое, Васильевское, Снежное, Харагольское) залегают только в карбонатно-сланцевой толще, образующей чехол Гарганской глыбы. В целом обе эти группы месторождений представляют собою единую систему, в которой золото-кварцевая составляющая представляет собою наиболее глубинную, обедненную серой и, соответственно, сульфидами, часть, а золото-сульфидно-кварцевая – относительно менее глубинную, переходящую в отдельных частях от среднеглубинной к малоглубинной. Характерно, что руды представляют собою не только сульфидизированные кварциты, алевролиты и песчаники, подверженные березитизации, но и основные и кислые эффузивы, углистые сланцы. Показателем этого являются также колломорфные структуры и текстуры руд, особенно содержащие высокие концентрации сульфидов, сульфосолей и теллуридов.

К концу 1990-х годов определено, что в геологическом разрезе Зун-Холбинского месторождения в хронологической последовательности выделяются: 1) диафторированные гнейсограниты комплекса основания Гарганской глыбы архей-нижнепротерозойского возраста; 2) верхнепротерозойские песчанико-сланцево-карбонатные и вулканогенные горные породы чехла; 3) секущие их позднерифейские дайки порфиритов барунхолбинского вулканоплутонического комплекса; 4) ранеепалеозойские гранитоиды сумсунурского интрузивного комплекса (рис. 10. 34). Оруденение приурочено к верхнепротерозойско-вендской толще вулканогенно-осадочных горных пород, образование которой связано с вулканическими

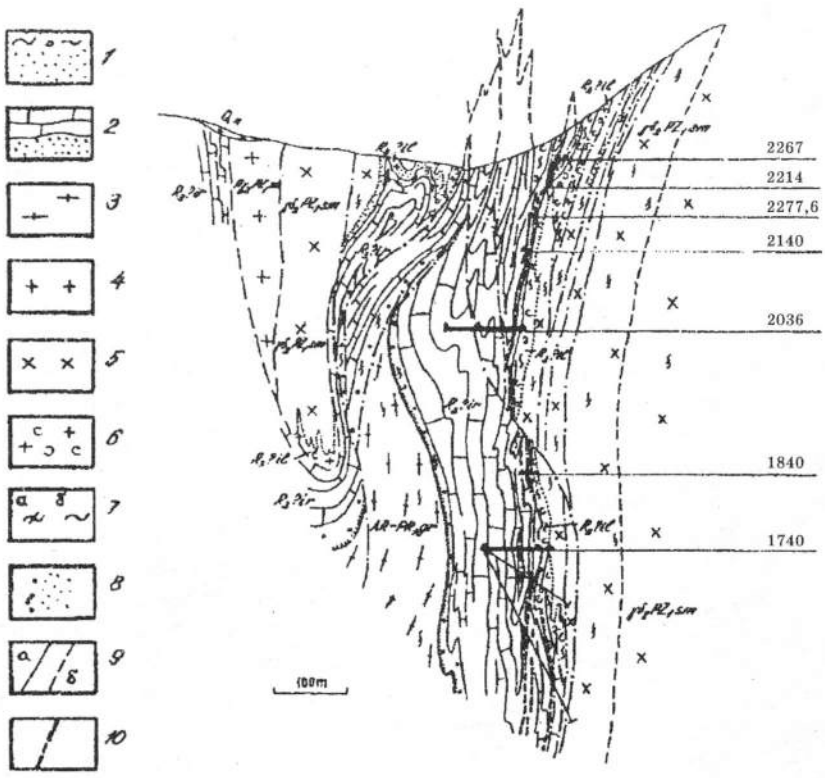


Рис. 10.34. Геологический разрез Зун-Холбинского рудного поля в юго-восточной части.

1 – ильчирская свита (PR_3il) – зеленые и черные сланцы, туфосланцы и туфопесчаники с олистолитами известняков и серпентинитов; 2 – иркутная (монгошинская) свита – мраморизованные известняки с горизонтами черных сланцев и кварцитов; 3 – гарганский метаморфический комплекс (AR-$PR_1gr.$); 4 – плагиограниты и гранодиориты сумсунурского комплекса ($\gamma\delta_2PZ_1sm$); 5 – диориты, гранодиориты; 6 – гранитизированные вулканогенно-осадочные породы; 7 – зоны катаклаза (а) и милонитизации (б); 8 – сульфидизация; прожилки и вкрапленность; 9 – геологические границы (а) и тектонические границы (б); 10 – рудные тела.

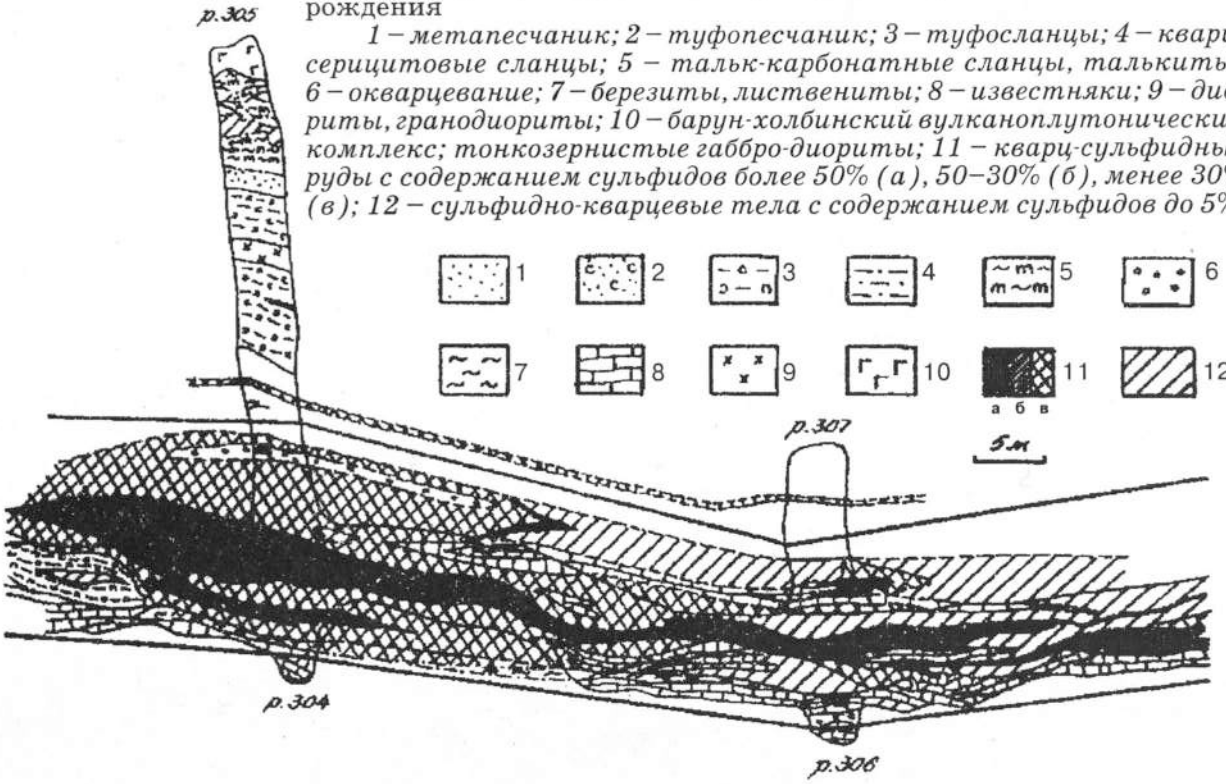
извержениями, сопровождавшимися внедрением даек и силлов диабазов и диабазовых порфиритов, а также рудоносных растворов, образованием ритмичнослоистых сульфидных руд. С внедрением гранитоидов нижнепалеозойского возраста связано преобразование рудоносных эффузивно-осадочных горных пород и образование прожилково-вкрапленных и жильных рудных тел. Формы рудных тел сложные и представлены минерализованными зонами и жилообразными рудными телами. Наряду с ними промышленная золотоносность характерна также и для вмещающих горных пород – черных углеродисто-кварцевых сланцев, известняков, лиственитов и других. Наиболее золотоносны кварцево-сульфидные образования, сульфидизированные углисто-кремнистые и серицит-кварцевые сланцы (рис. 10.35).

Руды состоят из (%, среднее содержание): кварца (40), пирита (8,2), пирротина (2,7), галенита (0,2), сфалерита (0,3), халькопирита (0,4), карбонатов (20), слоистых силикатов (до 5), других минералов. Золото в промышленных рудах – 0,5–68 г/т, серебро – 2,5–77 г/т. Присутствуют теллуриды (тетрадимит, гессит, алтаит, петцит), сульфосоли, арсенопирит. Золото самородное (до 80% всего металла) присутствует в виде индивидов с размерами 0,001–0,5 мм, преобладает +0,045–0,071 мм, ксеноморфное, в пирите – амебовидное, каплевидное. Пробность широко варьирует – от 240 до 980, преобладает (60–65%) – 580–830 [Золото Бурятии, 2004]. Содержание золота в пирите – 1,2–1418 г/т, в пирротине – 0,88–122,8 г/т. Серебро самородное образует единичные выделения (0,01–0,07 мм). Редко с ним ассоциируют аргентит и пираргирит. Установлены также единичные знаки акантита, ютенбогардита (Ag_3AuS_2), гессита, штромейерита. Содержание серебра в пирите – 3,4–1044 г/т, в пирротине – 3,79–247,6 г/т.

Выделено две природные разновидности руд: золото-сульфидно-кварцевая (44,5% всех руд – до 50% сульфидов) и сульфидизированных горных пород, содержащих до 5% сульфидов (55,5% всех руд). В связи с тем, что сульфидизированные и сульфидно-кварцевые руды содержат существенное количество карбонатов, выделен единый промышленный технологический тип руды – золото-карбонатно-сульфидно-кварцевый.

Рис. 10.35. Геологический план подземного горизонта 1040, характеризующего рудное тело Сульфидное Зун-Холбинского месторождения

1 – метапесчаник; 2 – туфопесчаник; 3 – туфосланцы; 4 – кварц-серицитовые сланцы; 5 – тальк-карбонатные сланцы, талькиты; 6 – окварцевание; 7 – березиты, лиственитыы; 8 – известняки; 9 – диориты, гранодиориты; 10 – барун-холбинский вулканоплутонический комплекс; тонкозернистые габбро-диориты; 11 – кварц-сульфидные руды с содержанием сульфидов более 50% (а), 50–30% (б), менее 30% (в); 12 – сульфидно-кварцевые тела с содержанием сульфидов до 5%.



Обогащение руд производится по единой гравитационно-флотационной схеме с операциями: 1) гравитационное извлечение крупных зерен золотосодержащих сульфидов и свободного золота; 2) флотация сульфидов в коллективный концентрат с получением отвальных хвостов; 3) гидрометаллургический передел концентратов с получением золота и серебра; 4) попутное извлечение цветных металлов в коллективный концентрат.

В рудах содержатся попутные компоненты: свинец (0,14%), цинк (0,174%), медь (0,15%). Может быть получен товарный пиритовый продукт (с выходом 8,2%), соответствующий ГОСТу 444–75. Сквозное извлечение золота от руды составляет 93–97%. По данным [Золото Бурятии, 2004], свободное золото извлекается в голове процесса отсадкой, гравитационный концентрат доизмельчается и доводится на концентрационных столах с выходом «золотой головки» массой 4,6 тонны в год при технологическом извлечении золота в нее 36,2%. Флото-концентрат, полученный из хвостов гравитации вместе с промпродуктами доводки гравитационного концентрата, поступает в гидрометаллургический передел. Выход общего концентрата – 5,92%, или 14,4 т в год с технологическим извлечением золота – 59%. Хвосты флотации, потери золота в которых составляют 4,8% от содержания в руде, складируются в хвостохранилище. «Золотая головка» перерабатывается пирометаллургическим способом. Из нее получают лигатурное золото ТУ 117–2–7–75, отправляемое на аффинаж. Концентраты перерабатываются гидрометаллургическим способом угольно-сорбционного выщелачивания с последующей десорбцией золота горячими щелочными растворами. Товарный элюат подвергается электролизу, катодный металл плавится в слитки и отправляется на аффинаж [Золото Бурятии, 2004]. Запасы золота Зун-Холбинского месторождения, согласно представлениям авторов сводки [Золото Бурятии, 2004], при среднем содержании его 12,5 г/т составляют более 100 т, ресурсы категории P_1 – 138 т, P_2 – 85 т и P_3 – 110 тонн. Оно по запасам и ресурсам, согласно их выводов, сопоставимо с Сухоложским в Иркутской области, выгодно отличаясь от него содержанием золота – 12,5 г/т против 3,0 г/т.

Барун-Холбинское месторождение находится в Окинском районе Республики Бурятия, в 25 км от пос. Самарта. Выявлено (жилы Новая и № 19) в 1961 году геологами Комсомольской партии Окинской экспедиции Г.А. Феофилактовым и А.М. Криворученко. В разведке принимали участие Г.А. Феофилактов, В.А. Ананин, В.А. Лбов, В.В. Левицкий, С.М. Вавилов, А.С. Часовских, Г.Ф. Дубовик и другие. В 1989–1997 гг. экспедицией № 1 ПГО Сосновгеология выявлены зоны Серебряная, Геофизическая – 1 и 2, Карстовая и Диоритовая.

Месторождение представляет собою серию субпараллельных ветвящихся кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых жил северо-западного простирания в толще метаморфических горных пород Шарыжалгайской серии протерозоя, иркутной и ильчирской свит рифея и прорывающих их интрузивных образований сумсунурского комплекса и среднего палеозоя (рис. 10.36). Жилы имеют крутое падение и сформировались в результате внедрения рудоносных водо-силикатных расплавов в толщу милонитизированных и рассланцованных плагиогнейсогранитов, плагиогранитов, метаморфизованных известняков, песчаников и сланцев. Вертикальный размах оруденения более 600 метров. Протяженность рудных интервалов – 10–15 до 110–138 метров. По падению они прослеживаются в виде рудных столбов от 70 до 550–600 м с крутым склонением, имея среднюю мощность от 0,52–0,58 м до 1,10–1,30 м, иногда их мощность достигает 1,6–1,8 м (жилы № 51 и 37) [Золото Бурятии, 2004]. Обычно границы рудных тел прямолинейные и по мощности совпадают с контактами сульфидно-кварцевых жил. Исключение составляют зоны прожилково-вкрапленного оруденения, границы которых устанавливаются по результатам опробования.

Руды состоят из кварца (до 85%), сульфидов (до 15%) и карбонатов, слоистых силикатов, эпидота. Сульфиды представлены в основном пиритом, галенитом и сфалеритом. Меньшая роль принадлежит пирротину, халькопириту. Очень редки борнит, висмутин, блеклые руды. Зона окисления развита до глубины 10 метров. В ней развиты церуссит, антлерит, малахит, брошантит. Золотоносность жил прямо пропорциональна содержанию в них сульфидов. Золото в основном свободное и связанное с сульфидами. Размеры золотин – 0,5–1,0 мм.

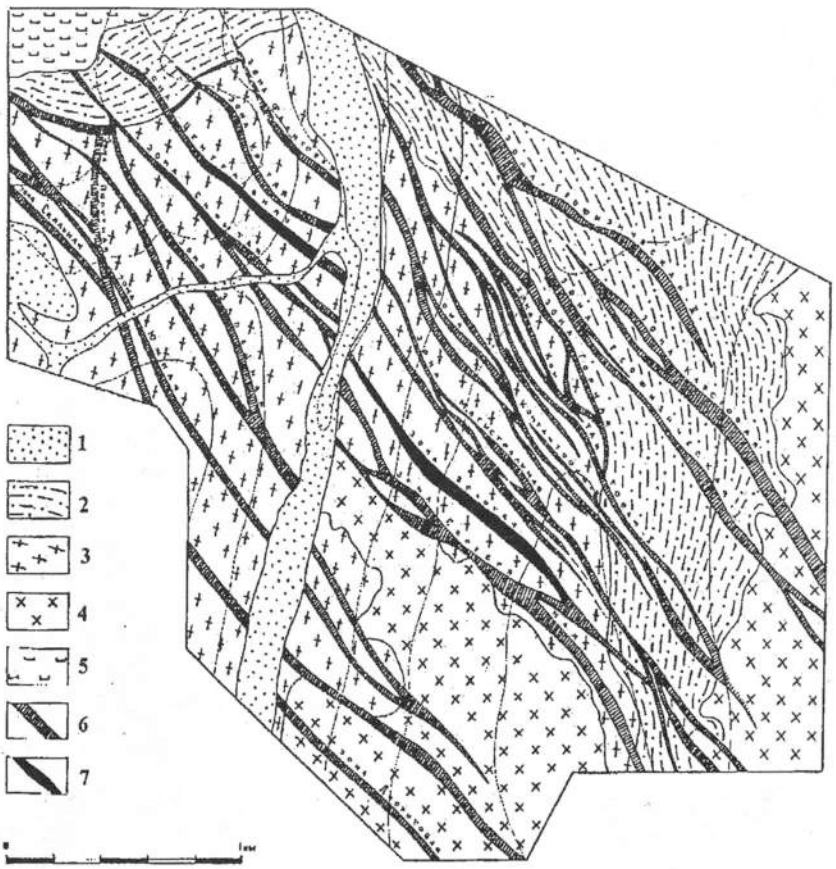


Рис. 10.36. Месторождение Барун-Холбинское. Схема размещения рудоносных зон. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – ильчирская и иркутная свиты: известняки, песчаники, сланцы; 3 – шарыжилгайская серия: плагиогнейсограниты, плагиограниты; 4 – среднепалеозойские интрузивные образования сумсунурского комплекса; 5 – интрузивные образования ильчирского комплекса: серпентиниты, дуниты; 6 – рудоносные зоны; 7 – отрезки рудоносных зон с разведанными запасами категорий C_1 и C_2.

В сульфидах золото образует эмульсионную вкрапленность с размерами частиц 0,01–0,07 мм. Преобладают золотины величиной более 0,07 мм. Пробность золота 710–720 и 910–951. Содержание его достигает 135 г/т и более. Оконтуривание жил по простиранию и падению проводилось по выработкам с содержанием условного золота не ниже 9 г/т. При этом минимальное содержание условного золота при подсчете запасов принималось в подсчетном блоке равным 14,0 г/т.

Понятие **условного золота** вводится для учета серебра, коэффициент пересчета содержаний которого в условное золото 0,02. Содержание условного золота будет представлять собою сумму содержания золота в г/т и серебра по 0,02 г/т.

Среднее содержание серебра в рудах составляет 22,6 г/т. Запасы золота между тремя главными рудными зонами месторождения распределяются следующим образом: Золотая (64,2%), Центральная (32,3%), Скрытая (3,5%). По технологическим свойствам выделено два типа руд – существенно сульфидный (10–90% сульфидов, в основном, пирита) и малосульфидный (2–10% сульфидов). Свободного золота в сульфидных рудах 8–10%, а в малосульфидных – 60–90%. При этом в первых – в сульфидах находится до 50% золота и более, в сростках – до 40%, во вторых – в сульфидах всего 0,8–2,0%, а в сростках – 8–35%.

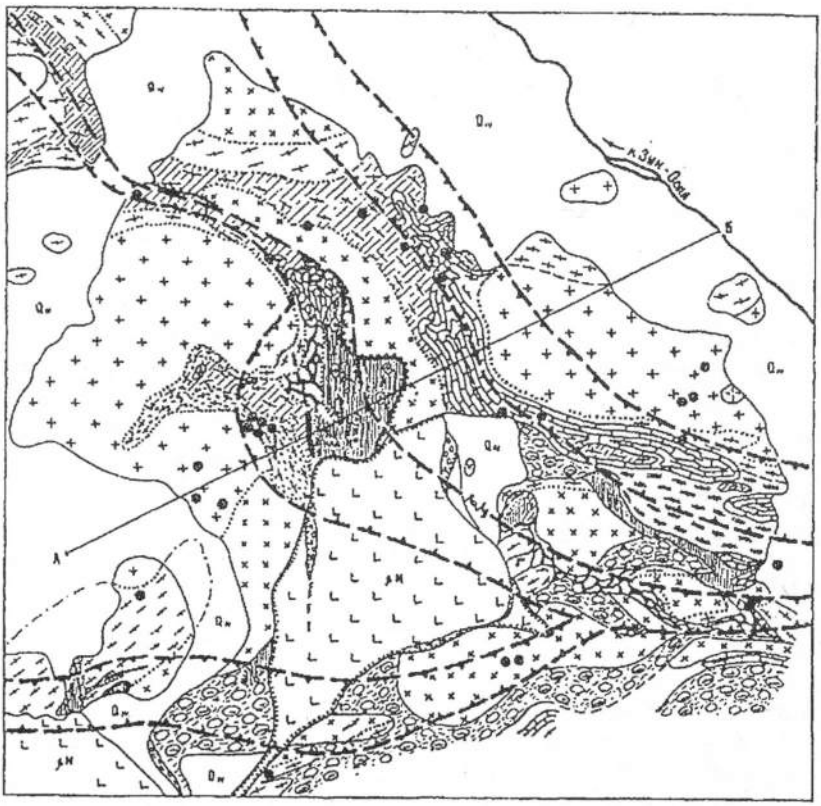
По обогатимости руды относятся к простым. Гравитационно-флотационным способом извлекается 94,27–96,4% золота. При цианировании сквозное извлечение золота составляет 96%, серебра – 67%. Запасы золота на 01.01.2004 – 8,6 т, ресурсы на 01.01.2003 по категории P_1 – 10 т, P_2 – 25 тонн. Месторождение по запасам – мелкое, суммы запасов и ресурсов – средние. Имеющаяся инфраструктура Холбинского рудника тем не менее позволит успешно отработать Барун-Холбинское месторождение. Оно изучено недостаточно.

В этом же рудном узле находится и мелкое жильное **Пионерское** месторождение золота, известное с 1954 года и отрабатывавшееся (жила № 12) с 1958 по 1962 год Ципиканским рудопроявлением. Руды богатые (до 100 г/т и более). Месторождение может быть освоено при комплексной отработке месторождений всего Холбинского рудного узла.

Зун-Оспинское месторождение входит в состав одноименного рудного узла Оспинского рудного района, находящегося в системе каледонид юго-восточной части Восточного Саяна. Территория месторождения находится в пределах Оспинского административного района Республики Бурятия. Открыто в 1961 году геологом В.В. Левицким. Поисково-разведочные работы проведены в 1962–1964 гг. под руководством В.А. Ананина и В.В. Левицкого. Доизучение месторождения проводилось с перерывами в 1993–1999 гг. под руководством В.И. Бахтина, А.Н. Загорулько, В.В. Синякова. Подсчет запасов произведен П.А. Рощектаевым (1996 г.) и Ю.Н. Куликовым (1999 г.).

Месторождение локализовано в Оспинском офиолитовом покрове (рис. 10.37). В основании разреза залегают терригенно-вулканогенные горные породы оспинской свиты венд-рифейского возраста. Нижняя часть сложена метагаббро, метабазитами и тефроидами, верхняя – известково-черносланцевыми образованиями. Все они метаморфизованы в зеленосланцевой фации. Выше залегают ультраосновные горные породы ильчирского комплекса (PR), представленные серпентинитами. Они прорываются гранитоидами сумсунурского ранне-среднепалеозойского возраста. Более поздними являются гранитоиды, диориты и габбро холбинского комплекса средне-позднепалеозойского возраста.

Рудные тела представляют собой зоны прожилкования в тектоно-метасоматически переработанных гранитоидах. Выделены три рудоносные зоны – Главная, Северная и Южная. Общая их протяженность 9 км. Относительно хорошо изучена Главная. В ней выделен Центральный участок. Выявлено около 20 рудных тел. Минеральный состав рудных тел: кварц, сульфиды. Среди последних развиты пирит, пирротин, галенит, халькопирит, сфалерит. Выделено два минеральных типа руд: полисульфидно-кварцевый и колчеданно-кварцевый. Полисульфидные преимущественно развиты на высоких горизонтах (абсолютные отметки выше 2200 м), сульфидные (колчеданные) – ниже. Развиты вторичные кварциты, березиты (лиственитты и пропилиты). Наиболее изучены рудные тела № 1, Висячая, № 5–6. Главное рудное тело представляет собою стволовую существенно кварцевую жилу в апограните. Длина рудного тела 180 м, мощность до 5,5, в среднем – 2,35 метра. Простирание 350–360°, падение на восток под углом 55–70°.


А
Б

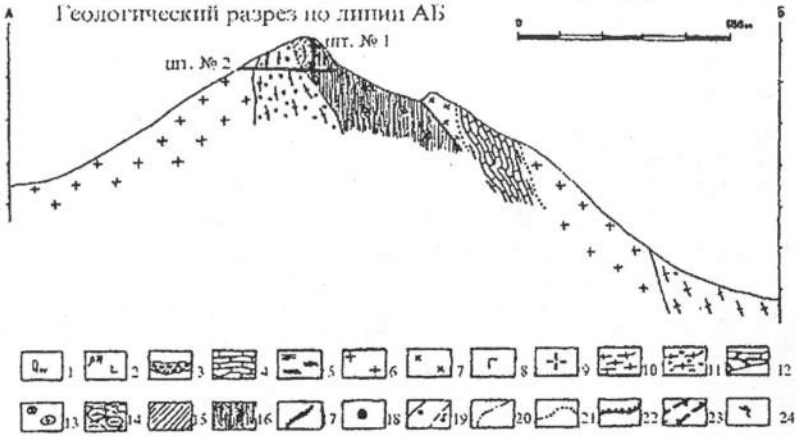

Геологический разрез по линии АБ
А
Б
шт. № 1
шт. № 2

Рис. 10.37. Схематическая геологическая карта Зун-Оспинского месторождения. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – четвертичные отложения; 2 – вершинные базальты. Офиолитовая ассоциация: оспинская свита: 3 – конгломераты; 4 – карбонатные породы нерасчлененные; 5 – карбонатные тектонобластиты. Холбинский комплекс: 6 – плагиограниты; 7 – плагиограниты-диориты; 8 – габбро и габбро-диориты; 9 – лейкократовые граниты; 10 – катаклазиты гранитов; 11 – метаклазиты гранитоидов с редкими мелкими блочками апогипербазитовых и апокарбонатных метасоматитов; 12 – полимиктовый крупноблоковый меланж; 13 – блоки метагранитов в базальном тальк-карбонатном матриксе; 14 – метаклазиты с относительно крупными блоками апогипербазитовых и апокарбонатных метасоматитов. Метасоматиты: 15 – пропилитоиды и березитоиды нерасчлененные; 16 – березиты и березитоиды; 17 – рудные тела; 18 – полисульфидная минерализация. Геологические границы: 19 – между разновозрастными образованиями: а – достоверные; б – предполагаемые; 20 – то же, скрытые под более молодыми образованиями, предполагаемые; 21 – фациальные подразделения; 22 – надвиги; 23 – границы рудных зон; 24 – устье штольни.

Валовый минеральный состав: кварц (70%), сфалерит, галенит, пирит, халькопирит. Присутствуют также серебро, золото. Среди минералов зоны окисления – каламин, англезит, церуссит, плюмбоярозит, малахит, азурит, гетит, гидрогетит. Обогащены золотом окисленные гематитовые руды. Средние содержания золота на поверхности – 23,1 г/т, в околожильных метасоматитах – 4,7 г/т. С глубиной содержание золота уменьшается. Средние содержания золота при подсчете запасов категории C_1 – 20,3 г/т, C_2 – 7,7, C_1+C_2 – 8 г/т. Запасы на 1999 г. (т): C_1 – 1,350, C_2 – 5,078, C_1+C_2 – 6,429. Ресурсы (т) – P_1 – 40,567; P_2 – 43,683; P_1+P_2 – 184,251 [Золото Бурятии, 2004, с. 114]. Технологические испытания руд показали, что они относятся к труднообогатимым с высоким содержанием полезных компонентов: золота – 12,5 г/т, серебра – 400 г/т, цинка – 5,4%, свинца – 1,6%, меди – 0,3%, кадмия – до 0,5%. Золото и серебро преимущественно находятся в сульфидах. При измельчении руды до 0,08 мм (80%) массовая доля свободных металлов составляет всего 20% при крупности частиц золота 0,05–0,3 мм. При использовании комбинированной гравитационно-флотационной схемы технологии обогащения можно получить кондиционные золото-серебро-свинцовый, золото-серебряный и цинковый концентраты. Суммарное извлечение металлов в концентраты составило (%): золота – 87,8, серебра – 73, цинка – 87, свинца – 83,6, меди – 86. Кадмий извлекается в сфалерите.

Эти данные свидетельствуют о целесообразности организации добычных работ с использованием обогатительной фабрики рудника Холбинский в пос. Самарта, а также продолжения геологического доизучения месторождения.

10.1.6.6. Золото-кварцево-сульфидная формация.

В этом подразделе рассмотрены как классические месторождения золото-кварцево-сульфидой формации, так и золото-колчеданной, поскольку в рудах всех месторождений присутствует то или иное количество кварца.

Дарасунское месторождение расположено в пределах пгт Вершино-Дарасунский Тунгокоченского района. Россыпная

золотоносность бассейна рек Дарасун, Жарча и других известна с середины XIX века. Первые упоминания о коренной золотоносности в долине р. Дарасун в кварцевой жиле пади Узур-Малахай, близ ее устья. Описание золотоносной кварцевой жилы дано В.А. Вознесенским (1912 г.). Систематическое изучение месторождения, включая разведку, проведено В.Н. Зверевым (1927 г.), Д.А. Зенковым (1946 г.), И.Н. Эповым (1956–1960 гг.), Ю.А. Аферовым (1971 г.) и другими. Монографическое описание выполнено Д.А. Тимофеевским [1972].

Месторождение расположено в пределах Восходовско-Жарчинской структурно-минерагенической зоны. Относится к жильному типу золото-кварцево-сульфидной формации. Жилы находятся в гранодиоритах, граносиенитах и габбро-амфиболитах и связаны с амуджиканским субвулканическим комплексом, представленным трещинными интрузиями и штоками плагиогранит- и гранодиорит-порфиров, дайками кварцевых диорит-порфиритов, гранофиров, фельзитов, пехштейнов. Размещение золоторудных жил контролируется участками брекчий взрыва, трещинами скалывания и зонами сдвигов, сбрососдвигов, рассланцевания и взбросами, надвигами и сдвигосбросами (рис. 10.38). В трещинах скалывания находится подавляющая часть золоторудных жил. Простирание основных жил восток-северо-восточное с крутым (60–90°) падением на юго-восток, северо-запад (Главная, Ново-, Южно-Кузнецовская, Футбольная и др.), запад-северо-запад с крутым падением на юг или север (Электрическая, Спутник, Митрофановская и др.), северо-запад (280–340°) с падением 40–60° на северо-восток или юго-запад (Промежуточная, Северная, Нигризовская, 4-я и 5-я Электрические, Алмазная, Эповская, Женевская и др.). Золоторудные жилы группируются в Северный (Свинцовая, Главная, Ново-Кузнецовская и др.), Центральный (Геофизическая), Западный (Сентябрьская, Морозовская, Электрические, Венера и др.), Восточный (Путейская, Нигризовская № 4 и др.), Южный (Разведочная, Лебедевская, Секущая и др.), Юго-Западный (Боковая, Алмазная, Эповская с Женевской № 4–7 и др.) участки. Месторождение представляет собой классический пример концентрически-зонального распределе-

Рис. 10.38. Схема геологического строения Дарасунского месторождения. По Д.А. Тимофеевскому [1972].

1 – плагиогранит-порфиры; 2 – брекчии взрыва; 3 – золотоносные кварц-сульфидные жилы; 4 – разрывные нарушения; контуры распространения минеральных ассоциаций: 5 – кварц-турмалиновой; 6 – пирит-арсенопиритовой; 7 – галенит-сфалеритовой; 8 – кварц-сульфоантимонитовой. Штрихи контурных линий направлены в сторону развития минеральных ассоциаций.

ния минеральных типов руд. Рудные жилы относительно просты по форме, выдержаны по простиранию, но имеют раздувы и трещины. Протяженность крупных жил (Главная, Свинцовая, Электрические, Ново-Кузнецкая и др.) по простиранию 1,0–2,5 км, средних – 0,3–1,0 км и мелких – 70–300 метров. Мощность 0,01–2 м (ср. 0,1–0,25 м), а вместе с околоконтактовыми вкрапленными рудами – 0,6–1,5 метра. В рудах присутствует около 100 минеральных видов. Главные рудные минералы: пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, халькопирит, пирротин, бурнонит, блеклые руды (тетраэдрит, фрейбергит и др.); из них основные – кварц (32%), пирит (14%), арсенопирит (12%), карбонаты (11%). Смайтит, тетрадимит, матильдит, павонит, плагионит, хедлейит, верлит, виттихенит относятся к очень редким минералам, часть которых впервые описана в РФ на этом месторождении. Примеры строения жил приведены на рис. 10.39–10.43. Золото находится в самородной форме и в виде тонкодисперсных включений в сульфидах и сульфосолях (0,06–1,5 мкм, редко до 2 мм). Основные носители Au пирит (19,8 г/т), арсенопирит (37,3 г/т), халькопирит (84,6 г/т) и сульфосоли (13,9 г/т). Нередко Au находится в теллуридах – петците, калаверите, креннерите и др. Среднее содержание Au в рудах 14,6–15,4 г/т при общей вариации от единиц до 500 г/т. Полезными компонентами являются Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As. Высокая мышьяковистость руд усложняет технологический процесс их обогащения и переработки. Разведано подземными горными выработками до горизонта 717 м при глубине шахтного ствола 830 метров. Отрабатывалось до глубины 617 метров. Максимальная добыча руды была достигнута в 1950–1980 гг. Суточная добыча руды составляла 1000–1200 т, годовая – > 300 тыс. т, Au до 3 тонн. При двухстадиальном измельчении и развитой схеме флотации извлечение металла в концентрат составляло более 90% . В перестроечные годы (1992 г.) добыча снизилась до 141,3 тыс. т по руде и 669,6 кг по металлу. Оценка ресурсов по категориям $P_1 + P_2$ – > 100 т Au – позволяет прогнозировать работу предприятия на длительную перспективу. С начала разработки добыто 8632 тыс. т руды и 118 215 кг Au. Перспективы увеличения запасов не исчерпаны.

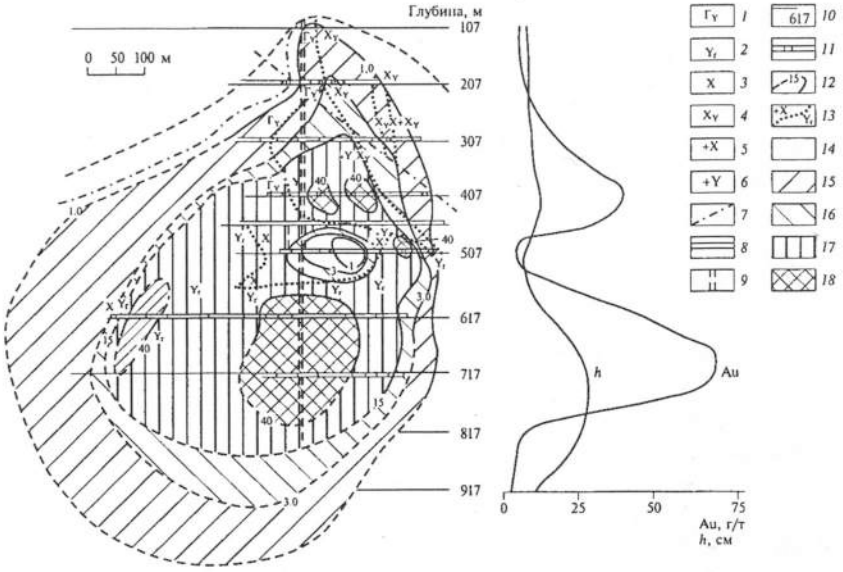


Рис. 10.39. Совмещенная проекция жил Эповской и Женевской на вертикальную плоскость. Распределение золота и изменчивость мощностей (h).

1 – габбро и долериты гранитизированные, калишпатизированные; 2 – граносиениты с реликтами габбро и долеритов; 3 – диориты; 4 – диориты гранитизированные, калишпатизированные; 5 – гранодиориты; 6 – граносиениты; 7 – проекция линии сопряжения нарушения с плоскостью жилы, проекция линии условного контура жилы; 8 – горные выработки; 9 – проекция ствола шахты; 10 – гипсометрические отметки и горизонты разведки; 11 – места отбора проб; 12 – линии изоконцентраций (г/т) золота (пунктирные – предполагаемые); 13 – контакты магматических пород; 14–18 – части жил относительно оруденения: 14 – зона рудных индикаторов, 15 – над- и подрудная, 16 – верхнее- и нижнерудная, бедных руд, 17 – рудная, 18 – богатых руд.

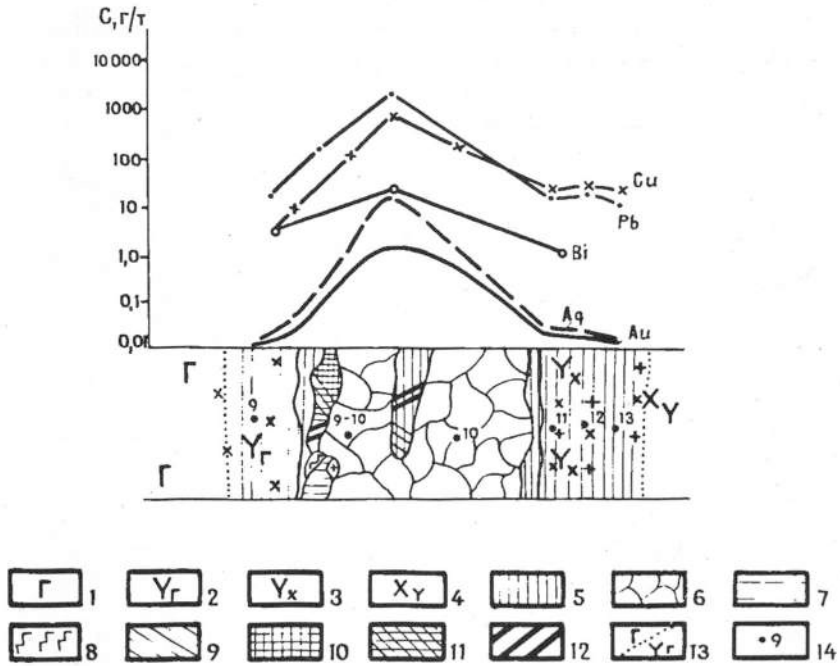


Рис. 10.40. Распределение золота и элементов-спутников в разрезе жилы Эповской, гор. 617 м.

1 – крупнозернистое габбро; 2 – граносиениты; 3 – диориты; 4 – гранитизированные габбро; 5 – зона пиритизации в березите и пирит в жиле; 6 – крупнокристаллический кварц; 7 – сфалерит; 8 – галенит; 9 – халькопирит; 10 – сфалерит-пиритовый агрегат; 11 – сфалерит-халькопиритовый агрегат; 12 – арсенопирит; 13 – магматические контакты; 14 – места отбора образцов и их номера.

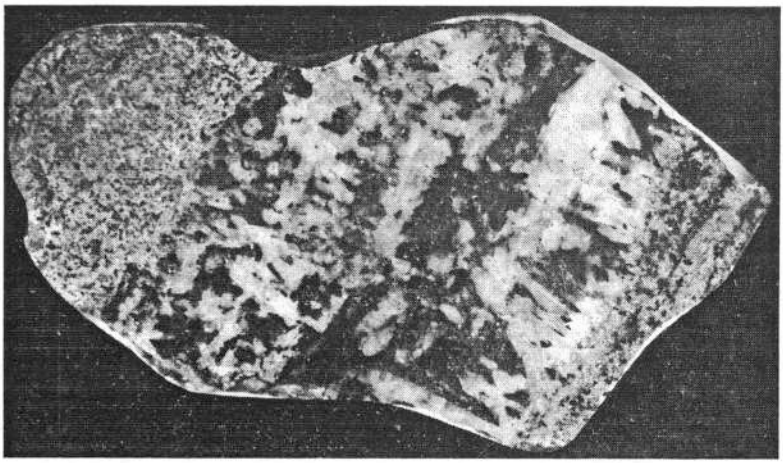


Рис. 10.41. Разрез жилы Эповской. Видно распределение шестоватых агрегатов кварца (белое) и сульфидов (темно-серое) субпараллельно контактам жилы с вмещающими горными породами. Содержание золота – около 130 г/т.

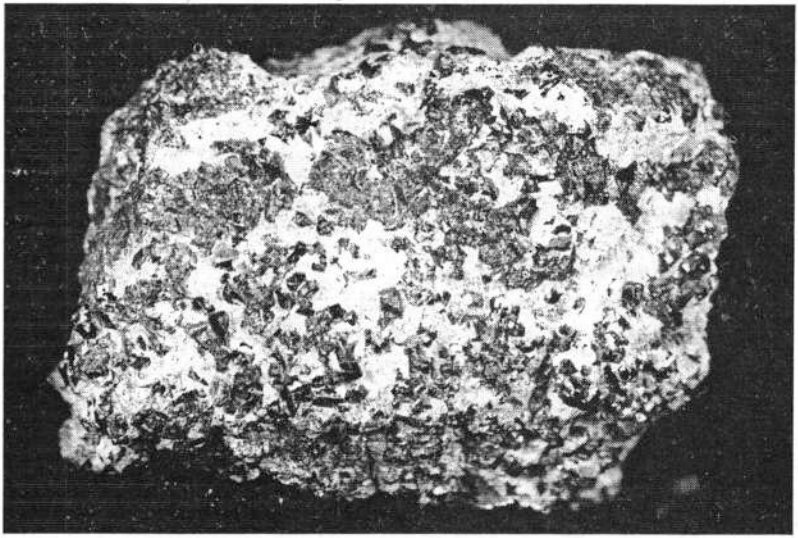


Рис. 10.42. Существенно арсенопиритовая золотоносная жила. Дарасунское месторождение.

Рис. 10.43. Кварцево-халькопиритовая жила Женевская в сечении на полную мощность (50 см) с содержанием золота 500 г/т. Дарасунское месторождение.

Талатуйское месторождение является частью Дарасунского рудного узла и относится к наиболее глубинной его части, имеющей непосредственные связи с рудогенерирующей магмой. Расположено в северной части Дарасунского рудного поля на левобережье р. Жарча в среднем ее течении, 10 км к северо-западу от пос. Вершино-Дарасунский. Открыто в 1968 году А.И. Шадриным и В.В. Локотко в результате планомерных поисково-геофизических работ, проводившихся с целью расширения минерально-сырьевой базы Дарасунского рудника. Разведано в два этапа – в 1971–1979 гг. И.А. Московцом и Ю.А. Губой (ЧГУ) и в 1981–1994 гг. Ю.А. Аферовым, И.А. Володиным и Г.Ф. Ильиной (Дарасунская геологоразведочная экспедиция, трест «Забайкалзолоторазведка»).

Оруденение находится в гидротермально измененных магматических горных породах кручининского интрузивного комплекса основного и среднего состава (габбро, габбро-диоритах и диоритах) (рис.10. 44). Золотое оруденение связано с дайковыми и штоковыми телами юрских гранитов в зонах их взаимодействия с диоритами и габбро-монцонитами. Взаимодействие их проявляется в биотитизации, калишпатизации, турмалинизации, окварцевании и пропилитизации, а также наложенной хлоритизации и карбонатизации. Турмалинизация и окварцевание проявляются как в замещении габбро-монцонитов, так и прожилковании с образованием систем разно ориентированных или взаимно параллельных сульфидно-турмалиново-кварцевых жил и прожилков.

Мощность жил обычно не превышает первые сантиметры, а прожилков – первые миллиметры. Длина жил обычно менее одного метра. В рудных зонах по восстанию и простиранию с северо-запада на юго-восток последовательно сменяются их существенно кварц-магнетит-сульфидные, кварц-турмалин-сульфидные и сульфидные составляющие. Такова, вероятно, и их вертикальная рудно-минеральная макрозональность, которая может быть использована при эксплоразведочных работах.

Рудные тела представляют собой жило-и линзообразные зоны северо-западного простирания мощностью от 0,25 до 20 метров. По простиранию они прослежены до 2000 м, по падению – на 200–500 метров. Для рудных зон типично чередование

раздувов длиной 40–120 м и пережимов (4–20 м). Большая часть запасов сосредоточена в одном рудном теле (рудной зоне № 2), которое представлено минерализованной зоной кварц-турмалин-магнетит-пиритового состава (магнетит 18–19%, пирит 11–12%, халькопирит 5–6%) (рис.10.45). Мощность зоны до 20 м, простирание субмеридиональное и северо-восточное. Падение в восточных румбах под углом 45–50°. Границы рудного тела определяются только по результатам опробования. Месторождение вскрыто штольней, шахтой и карьером.

Главными минералами руд являются (%): магнетит (19–21), полевые шпаты (15–28), кварц (17–23), пирит (7–9), халькопирит (6–9), эпидот, хлорит, турмалин, флогопит (в сумме 7–15). Реже встречаются шеелит, сфалерит, титанит, гематит, гетит, герцинит, гипс. К редким относятся галенит, сфалерит, зигенит, матильдит, пильзенит, гессит, виттихенит, ангидрит, циркон, тремолит, барит, вольфрамит, пирротин.

Основным полезным компонентом руд является золото, среднее содержание которого составляет 9,5 г/т. Максимальное содержание золота в рудной зоне 2 составляет 2516 г/т. Попутные компоненты – серебро (6,4 г/т), медь (0,16%), вольфрам (0,084%), висмут (0,014%) и сера сульфидная (33 %). Пробность золота варьирует в широких пределах (685–982). Раннее золото высокопробное (964–982) с размерами золотин до 0,05 мм. Это золото ассоциирует с магнетитом, шеелитом, эпидотом, калиевым полевым шпатом. Более позднее золото, ассоциирующее с сульфидами и сульфосолями, пробностью 685–881, имеет размеры в пределах 0,01–0,3 мм, редко – до 1,0 мм. В ассоциации с ним находится и поздний, секущий его электрум (содержит до 44 % золота). Минералы серебра представлены гесситом, матильдитом и ялпаитом [Краснов и др., 2006].

Распределение золота в рудном теле линзообразное, длина линз 30–100 м, безрудных интервалов – 40–120 метров. В карьере рудная зона II (канавы № 8, 9 и др.) в качестве одного из важных золотоносных компонентов содержит сплошные халькопиритовые руды. Разрабатывается с 2004 года двумя карьерами. Глубокие горизонты, вероятно, будут отрабатываться подземным способом. Руды обогащаются по схеме, принятой для Дарасунского месторождения. Среднее по запасам.

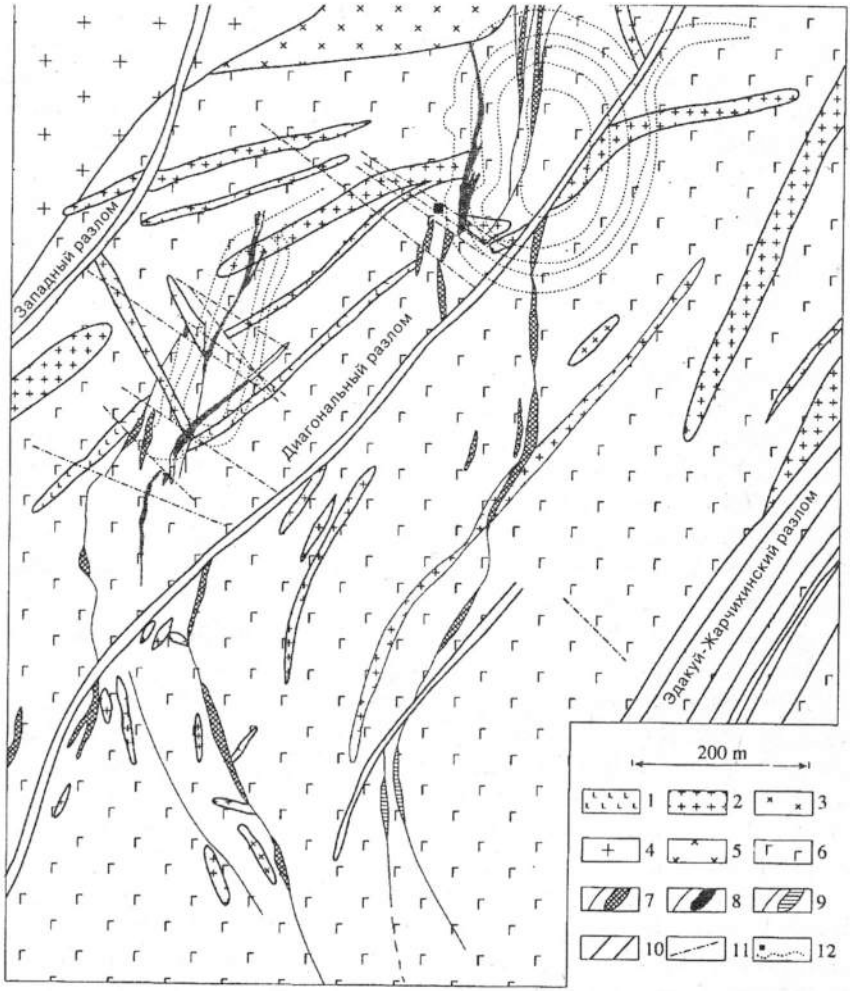

Западный разлом
Диагональный разлом
Эдакуй-Жарчихинский разлом
200 m
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Рис. 10.44. Схема геологического строения Талатуйского месторождения. По И.А. Московцу и А.А. Воротынцеву (1975 г.) с изменениями.

1–3: юрский дайковый комплекс: – порфировые диориты и микродиориты (1), мелкозернистые граниты и гранит-порфиры (2), граносиениты, монцодиориты, гранодиориты и кварцевые диориты (3); 4–5: триасовый амананский комплекс: средне-грубозернистые лейкограниты, местами порфировидные и биотитизированные (4), резко порфировидные средне- и грубозернистые амфибол-биотитовые гранодиориты (5); 6 – раннепалеозойские габбро, габбро-диориты и диориты; 7–9: зоны минерализации – кварц-турмалин-сульфидные (7), магнетит-сульфидные (8), сульфидные (9); 10 – зоны смятия; 11 – предполагаемые зоны трещиноватости; 12 – контуры подземных и открытых горных выработок.

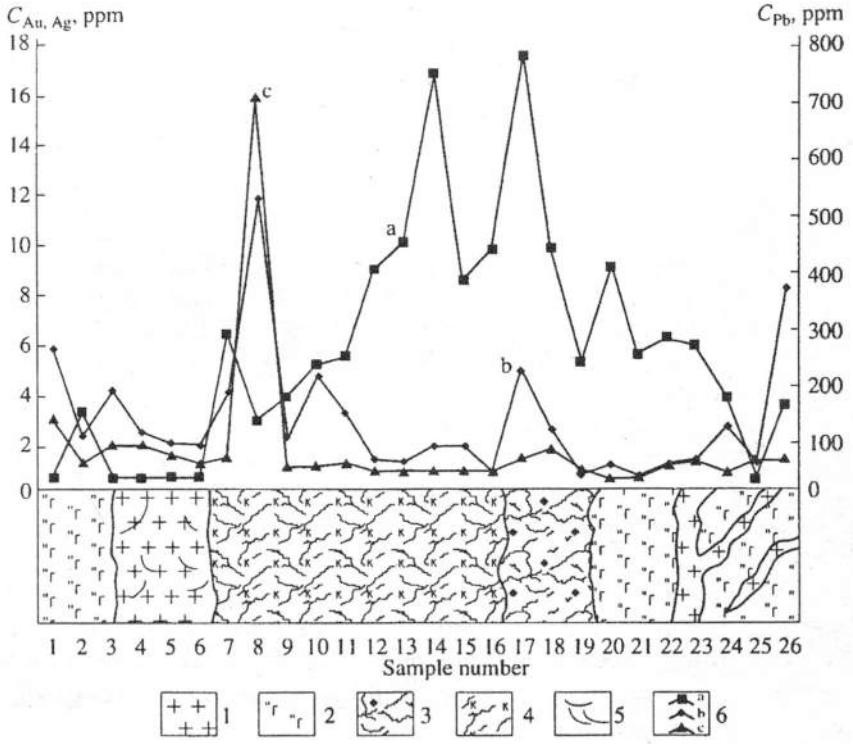


Рис. 10.45. Разрез и распределение золота, серебра и свинца по рудному телу 2 Талатуйского месторождения.

1 – юрские граниты и гранит-порфиры; 2 – раннепалеозойские габбро-монцониты и диориты; 3 – кварцсульфид-турмалин-магнетитовый комплекс; 4 – калишпаткварц-турмалин-сульфидный комплекс; 5 – кварцевые прожилки с сульфидами и турмалином; 6 – содержания Au (a), Ag (b), Pb (c).

Месторождение Дельмачик находится в юго-восточной части Дарасунского рудного района, в пределах Шилкинского рудного узла. Расположено в 60 км к юго-востоку от пос. Вершино-Дарасунский Тунгокоченского района. Известно с конца XIX века, открыто золотопромышленником Лагуновым. Изучалось В.А. Шимановским, М.И. Гаскиным, О.И. Климбергом, Б.Н. Лапиным и др. Входит в юго-восточную часть Дарасунского рудного района.

В геологическом строении месторождения принимают участие стратифицированные отложения архея, интрузии протерозойского и позднеюрского возрастов. Характерной особенностью района месторождения является наличие крупной рудовмещающей структуры «трубки взрыва», сложенной позднеюрскими эксплозивными брекчиями кислого состава. «Трубка взрыва» образует палеокальдеру размерами 1750х1000 м (Нуриев, 1987 г.). Горные породы, вмещающие палеокальдеру, представлены раннепротерозойскими гранитами. Большая часть кальдеры сложена алевропсамитовыми и псаммитовыми разностями эксплозивных брекчий. Эксплозивные брекчии, выполняющие палеокальдеру равномерно пиритизированы. Пиритизация носит вкрапленный и прожилково-вкрапленный характер. Количество рудных минералов достигает 2–3% от объема породы.

Обломочный материал эксплозивных брекчий представлен гранитоидами, гнейсами, гранито-кварцевыми порфирами, диоритовыми порфиритами. Цементирующая масса кварц-полевоштатового состава. Эксплозивные брекчии, выполняющие палеокальдеру равномерно пиритизированы. Пиритизация носит вкрапленный и прожилково-вкрапленный характер. Количество рудных минералов достигает 2–3% от объема породы.

Рудовмещающими структурами месторождения являются палеокальдера и минерализованная зона Антимонитовая, приуроченная к зоне тектонического нарушения северо-западного простирания. Сложена она березитами. В ее пределах выделены 3 рудных тела протяженностью до 1660 м, мощностью 0,4–18,4 м, со средним содержанием Au 3,2 г/т. В пределах эксплозивно-брекчиевой структуры отмечаются два штокверка – Северо-Восточный и Центральный. В них выделено 11 рудных тел,

мощностью 0,6–6,7 м, протяженностью до 70 метров. Среднее содержание Au – 3,6 г/т.

Рудные минералы: пирит, арсенопирит, самородное золото, галенит, сфалерит, пирротин. Золото отмечается в виде включений в пирите и в самородном виде. Предшествующими исследователями выделено две стадии минералообразования: 1) ранняя – золото-пиритовая; 2) поздняя – золото-сульфидно-кварцевая. Сульфиды ранней стадии представлены пиритом, пирротином, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом; рудные минералы поздней стадии – пиритом, золотом самородным, халькопиритом, пирротином, сульфоантимонидами свинца, висмутином, теллуридами золота, блеклой рудой.

Новообразованные минералы тесно связаны с процессами окисления. Мощность зоны окисления на месторождении составляет 17 метров. Среди окисленных рудных минералов отмечаются малахит, азурит, лимонит, скородит и др. В зоне окисления широко проявлены процессы каолинизации, хлоритизации. Подсчитаны запасы по категории C_2. В 1936–1940 гг. на местной бегунной фабрике добыто 130,3 т экспортной руды со средним содержанием Au 41,9 г/т. С 2000 года осваивается методом кучного выщелачивания Забайкальским ГОКом.

В **Балейском** рудном районе к золото-кварцево-сульфидной формации относится **Сосновское** месторождение. Оно находится в междуречье рр. Средний Голготай и Дутурул (в их устьевой части), в нескольких километрах к юго-западу от г. Балей. С.Д. Кузнецов еще в 1904–1905 гг. указывал на наличие золотокварцевых жил в левобережной части р. Унда, ниже с. Нижний Кокуй. Жилы были обследованы и описаны В.Н. Зверевым (1914–1917 гг.). Позднее, согласно сообщению Н.Я. Кудряшова, старатели на Толокновском разрезе, расположенном рядом с месторождением, с плотика отбирали крупные глыбы зернистого кварца с сульфидами, дробили их и извлекали золото. Южный участок месторождения (Майское) эксплуатировался в 1936–1937 гг. В 1962–1969 гг. проведены поиски и разведка с помощью шахты на трех горизонтах до глубин 336 метров. В разной степени штреками разведано около 10 рудных тел. Месторождение изучалось В.Е. Тупяко-

вым, по данным которого приводится его описание. Установлено, что месторождение приурочено к Ундинскому батолиту верхнепалеозойского ундинского магматического комплекса, сложенного на площади месторождения преимущественно гранодиоритами с ксенолитами сланцев кулиндинской свиты.

Рудные тела образованы серией субпараллельных зон близмеридионального простирания (330–20°), с падением на запад под углами 40–85° (обычно 60–75°), заключающих сближенные субпараллельные извилистые и разветвляющиеся жилки и прожилки. Они представляют собой линейно-вытянутые зоны длиной до 500–600 м (№ 1, 7) и мощностью до 2–3 метров. Промышленное значение имеют интервалы не более 20–30% от общей длины зоны. Обычно они представлены стволовой золото-сульфидно-кварцевой жилой, сопровождающейся березитами с многочисленными маломощными прожилками кварц-сульфидного состава. Преобладают пирит и арсенопирит, обычны галенит, сфалерит-халькопирит. Реже отмечаются другие сульфиды и сульфосоли. Содержание золота 10,3–48,3 г/т, среднее – 12 г/т. Золото распределено неравномерно. Перспективы до конца не определены.

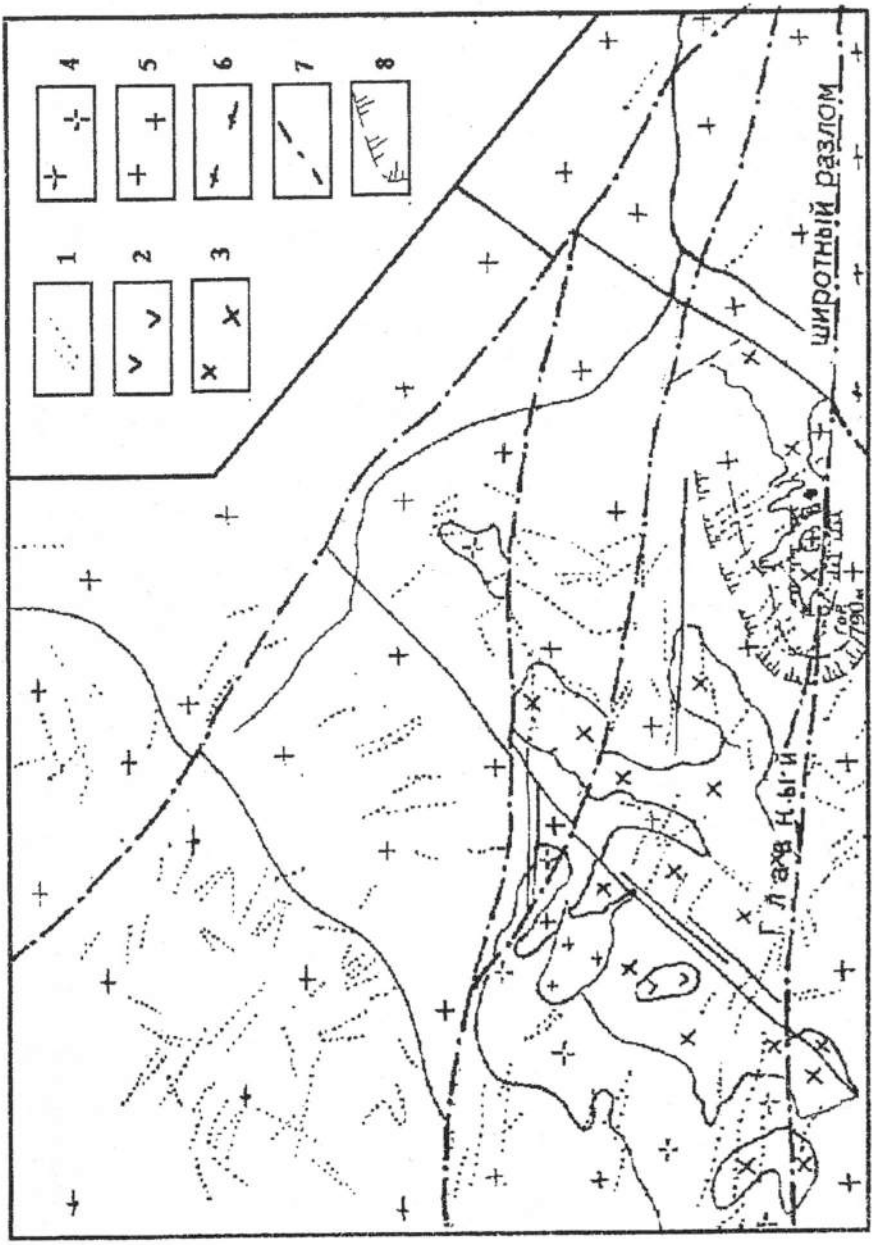
В **Могочинском** рудном районе к рассматриваемой формации относятся месторождения Уконикское, Ключевское, Давендинское и некоторые другие.

Ключевское месторождение расположено в 53 км к юго-западу от ж.-д. ст. и г. Могоча. Открыто в 1902 году. Первые сведения о «Горе Ключи» имеются в отчете инженера-консультанта Английской концессии Л.А. Кенрик под названием «Нерчинское золотопромышленное общество». В нём упоминается об открытии жилы мощностью 40 футов и содержанием Au 13,5 г/т. Геологические исследования проводились трестом «Дальзолото» (1928 г.), специализированные мелко- и среднемасштабные работы – П.В. Митрофановым, Б.А. Рухиным, Н.И. Горностаевым. Систематические ГРР начались в 1932 году иркутским трестом «Золоторазведка» под руководством А.Ф. Ли. В 1934–1935 гг. созданы геологическая служба и Ключевское рудопоисковое управление. В 1939 году Б.А. Рухиным произведен пересчет запасов. В 1951 году М.В. Студеницким запасы

пересчитаны вновь, но в 1952 году, вследствие их не подтверждения, проведены поиски Э.А. Зенковым, А.Е. Шабаловским, а в 1955 году – поисково-оценочные работы М.Б. Бородаевской, Н.В. Петровской и пересчет запасов (И.А. Вакунов). В 1963 и 1967 годах В.Г. Григорьевым, Р.Г. Вовченко, Н.Г. Головченко вновь были проведены поиски. В 1969 году А.Г. Иванищевым и в 1977 В.Н. Ивановым запасы пересчитаны вновь и в 1978 утверждены ГКЗ. Технологические исследования проведены в 1944 году О.А. Шубиной, в 1968 и 1977 – В.М. Хайрюзовым, в 1975 – В.Н. Константиновым, в 1980 году – В.Н. Воробьевым. В 1980 году в ВНИПИГорцветмет разработаны кондиции. Месторождение изучалось также Г.А. Луневым (1972 г.), Е.М. Лейфманом (1965 г.), Ю.А. Казаченко (1986 г.), М. Озеровой и др. Находится в пределах Яблоново-Становой структурно-формационной зоны, его положение контролируется Могочинско-Бушулейским разломом. Локализовано в Давендинском срединном массиве верхнеюрского возраста (рис. 10.46). Ограничивается с юга Главным широтным разломом, с запада – серией разломов северо-западного простирания с падением на юго-запад под углами 60–70° на расстоянии 500–600 метров от борта действующего карьера. Вмещающие горные породы представлены преимущественно кристаллическим сланцами и гнейсами архей-протерозойского возраста, а также метаморфизованными осадками позднепермской куйтунской свиты, прорванной раннемеловыми гранитоидами рудовмещающего Давендинского массива и перекрывающей его могочинской свиты. Оруденение связывается с дайковым комплексом амуджиканского комплекса. Непосредственно в пределах месторождения установлены 22 дайки: диоритовых порфиритов (15), гранит-порфиров (1), гибридных порфиров (4), лампрофиров (1), аплитов (1).

Рис. 10.46. Схематическая геологическая карта Ключевского месторождения (по Луневу В.Г., 1972 г.).

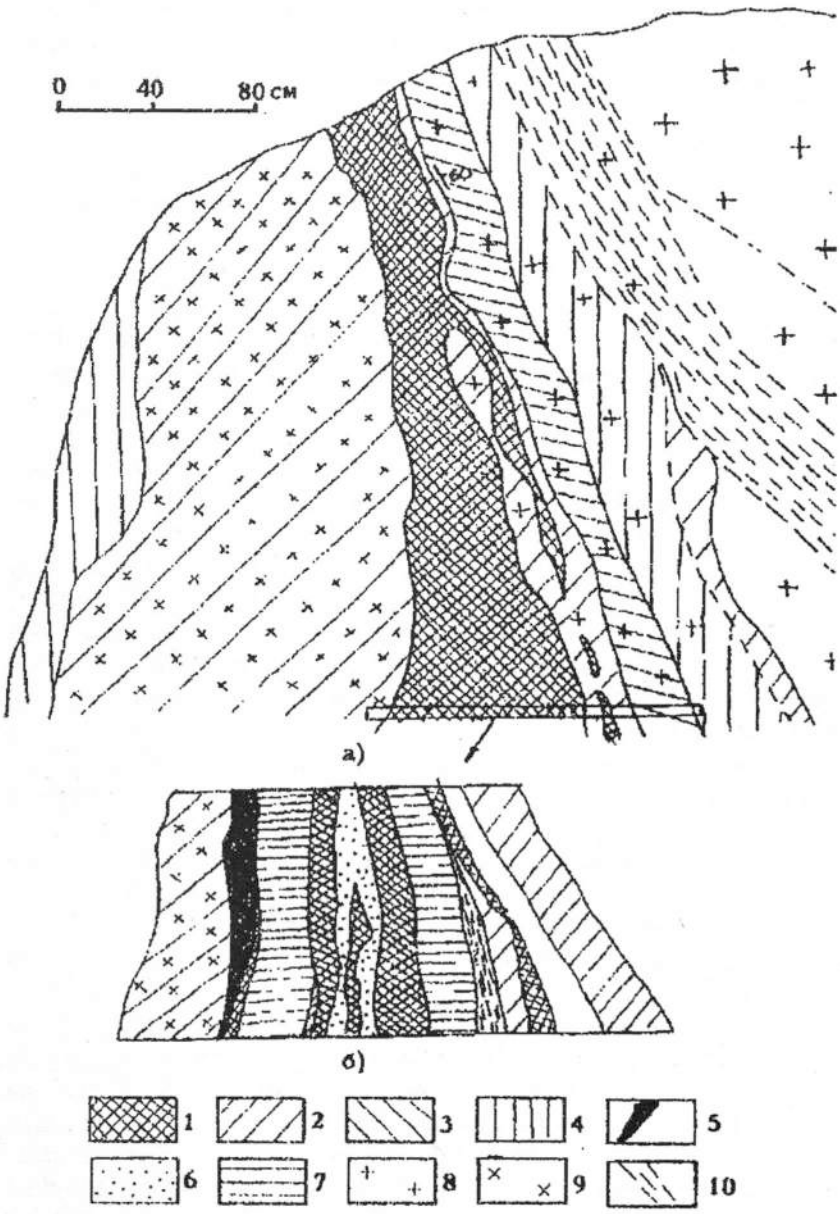
1 – дайки амуджиканского комплекса; 2–5 – малые интрузии амуджиканского комплекса: 2 – диоритовых порфиритов, 3 – гранодиорит-порфиров, 4 – гранит-порфиров; 5 – граниты амананского комплекса; 6 – гнейсовидные граниты олекминского комплекса; 7 – тектонические нарушения; 8 – границы уступов карьера.


1
2
3
4
5
6
7
8
широтный разлом

Месторождение является системой зон дробления и трещиноватости, выполненных дайками, штоками гранодиорит-порфиров амуджиканского комплекса, кварцево-сульфидными, кварцево-сульфидно-турмалиновыми, кварцево-турмалиновыми телами и брекчиями с сульфидно-кварцево-турмалиновым цементом. Они представляют собой штокверк. Отдельные жилы в нем имеют длину по простиранию до первых десятков метров. Мощность варьирует от первых сантиметров до 1 метра. Типичны также гнезда кварц-сульфидного состава (10–15 см) и скопления сульфидов неправильной формы до 1 сантиметра. Жильные зоны представляют собой участки гранитов или гранодиорит-порфиров, рассеченных многочисленными разноориентированными кварц-турмалиновыми прожилками, содержащими переменное количество сульфидов и сульфосолей. Пирит слагает иногда сплошные массивные или полосчатые мелкозернистые массы. Нередко жильные зоны имеют полосчатое строение (рис.10. 47). Рудные зоны сложены трещиноватыми, милонитизированными, брекчированными гранитами, насыщенными сульфидно-кварцево-турмалиновой или прожилково-вкрапленной пиритовой минерализацией. Типичны изометричные кварц-турмалин-сульфидные трубообразные тела. Они залегают субвертикально и прослеживаются до 50 м, имея мощность 10–15 метров. Выделены Главное рудное тело и 8 жильных зон. Главное рудное тело слагает штокверк широтного простирания мощностью 5–126 м (ср. 60 м). Падение северное под углами 60–70°. Содержание Au 2,1 г/т. Содержит 64,2% промышленных запасов. Жильная зона № 1 имеет северо-западное простирание. Падение вертикальное. Мощность 5–37 м (ср. 27 м), содержание Au 2,08 г/т. Содержит 4% промышленных запасов.

Рис. 10.47. Строение жилы 1 Уконикского месторождения (по Н.А. Криволуцкой, Б.И. Гонгальскому, 1995 г.):

зона: 1 – мономирального пирита; 2 – милонитизированных пород; 3 – состоящая преимущественно из гетита и гидрогетита; 4 – лимонитизированных пород; 5 – существенно турмалиновых пород; 6 – крупнокристаллического пирита; 7 – кварц-пиритового состава; 8 – граниты; 9 – гранодиорит-порфиры; 10 – зона дробления; а – общий вид; б – деталь внутреннего строения.


0 40 80 см
а)
б)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Жильная зона № 2 мощностью 25 м при северо-западном простирании и юго-западном падении под углом 65° содержит 1,86 г/т Au и 9,2 % его промышленных запасов. Жильная зона № 3 имеет мощность 35 м, северо-западное простирание при юго-западном падении, содержание Au 2,53 г/т и 14,2% промышленных запасов. Остальные жильные зоны также северо-западного простирания и мощностью 8–40 м при содержании Au 2,3–3 г/т. Общая доля запасов 8,4%.

Руды представлены кварцево-турмалин-сульфидной и сульфидно-полиметаллической ассоциациями. Содержание пирита до 80%, среднее – 15–20%. В первой присутствует самородное золото размером до 1 мм, находящееся преимущественно в пирите. Содержание Au в нем 10–15 г/т. Во второй Au в пирите содержится 5–20 г/т. Размеры Au в этой ассоциации 0,1–0,5 мм. Но в основном золото мелкое до тонкодисперсного (0,0001–0,1 мм). Пробность 780–980. В рудных парагенезисах присутствуют также халькопирит, арсенопирит, сфалерит, фрейбергит, галенит, антимонит, теллуриды и селениды золота, энаргит, теннантит, молибденит, айкинит, виттехинит, эмплектит, бенджаминит и другие. К числу попутных компонентов относится Ag (среднее содержание 1,85 г/т) и S пиритная – 4,4%. В рудах присутствуют также Cu, Zn, отдельные участки обогащены Co, Se, Te, Pt, Pd.

Разработка велась русско-английской компанией с 1902 по 1910 год. Золото извлекалось амальгамацией, с 1909 года действовал иловый завод для извлечения Au цианированием. В 1936 году эксплуатация возобновлена и продолжается с перерывами, сопровождаясь эксплоразведкой (1981–1998 гг.). Отрабатывается открытым способом. В период 1902–1910 гг. добыто учтенного Au 0,688 т, в 1936–1951 – 5,855 т, а всего по 1998 год – 12 303 тыс. т руды и 38,372 т Au при среднем расчетном содержании 3,12 г/т. По состоянию на 1998 год отработано на глубину 240 метров при фактической годовой производительности рудника 650 тыс. тонн руды. С учетом прогнозных ресурсов при такой производительности рудник обеспечен запасами не менее 20–50 лет. На отвале хвостохранилища и в карьере установлено интенсивное современное минералообразование.

Давендинское золото-молибденовое месторождение рассматривается здесь, поскольку не описано в части I настоящей работы. Оно находится в Могочинском районе в пределах пгт Давенда. Известно с 1-й четверти XX века. Изучалось А.В. Дружининым (1956 г.), В.И. Сотниковым (1977 г.) и др.

Вмещающие горные породы представлены преимущественно кристаллическими сланцами и гнейсами архей-протерозойского возраста, а также метаморфизованными осадками позднепермской куйтунской свиты, прорванной раннемеловыми гранитоидами рудовмещающего Давендинского массива и перекрывающей его могочинской свиты. Оруденение связывается с дайковым комплексом амуджиканского комплекса. Относится к жильному типу молибден-кварцевой формации, являющейся переходной от медно-молибден-порфировой к золото-молибденит-кварцевой. Оруденение приурочено к разрывным структурам и локализовано в жилах и жильных зонах протяженностью в сотни метров.

В пределах рудного поля промышленные руды были разведаны на Северном, Южном и Ивачинском участках. Они состояли из кварца, молибденита, пирита, сфалерита, галенита, сульфосолей и карбонатов. В зоне окисления интенсивно развиты различные сульфаты, в том числе крупные (до 10 см) кристаллы гипса, халькантит, малахит, азурит, брошантит, молибдит, ферромолибдит и другие. Среднее содержание в рудах: Mo – 0,212 %, Cu – 0,382 %, Au – 2,8 г/т и Ag – 1,6 г/т. Месторождение отрабатывалось подземным способом с 1941 по 1992 год одноименным рудником. Извлекались молибденит и золото.

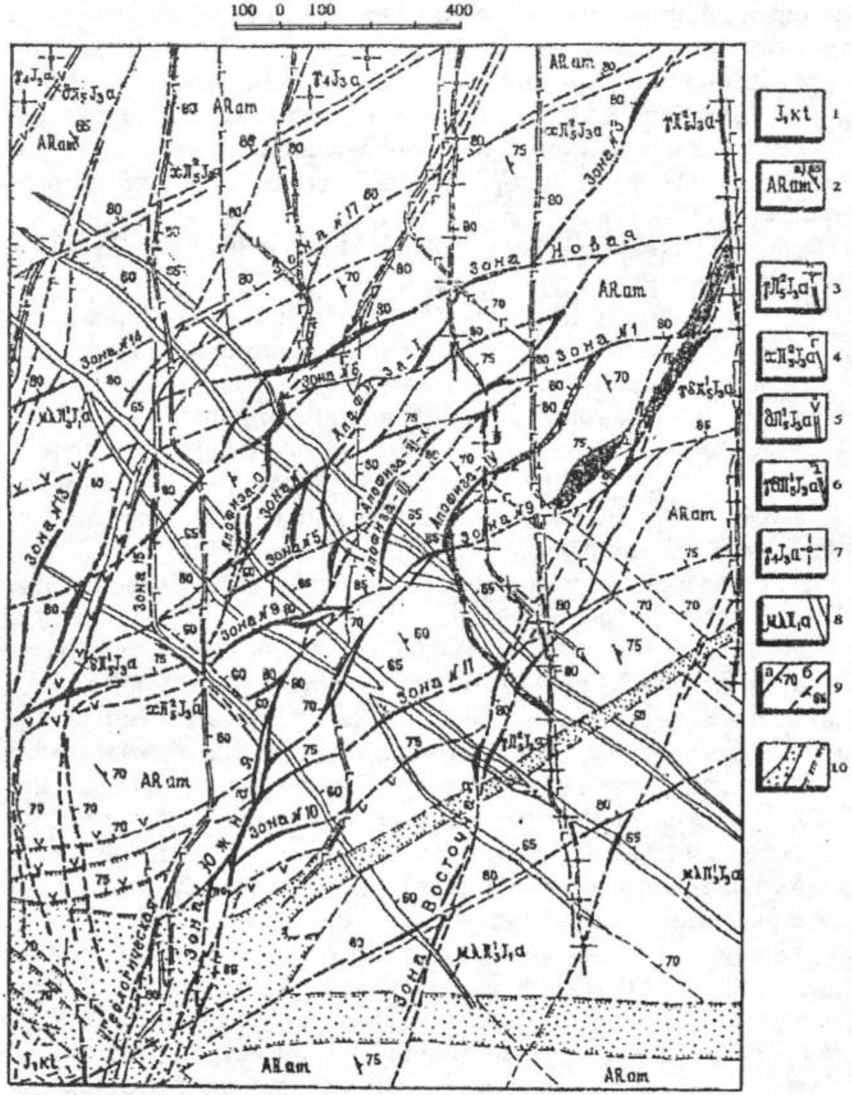
Уконикское месторождение расположено в Могочинском р-не, в 35 км к северо-западу от г. Могоча и в 30 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Чалдонка, в верхнем течении р. Амазар. Открыто в 1971 году под руководством А.М. Костенко. Разведано А.М. Костенко, В.А. Лукиным и др. (1971–1991). Входит в состав Урюмского рудного узла, расположенного в центральной части Итака-Могочинской металлогенической зоны (северо-восточный фланг золото-молибденового пояса Восточного Забайкалья). Рудный узел объединяет два месторождения и около 20 рудопроявлений золота золото-кварц-сульфидной формации, парагенетически связанных с амуджиканским интрузивным комплексом.

Локализовано в экзоконтакте Уконинского гранитного массива амуджиканского комплекса в архейских метаморфических породах и приурочено к узлу пересечения разломов домезозойского заложения северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания. Рудные тела сконцентрированы в экзоконтактовой полосе северо-восточного простирания шириной 1,5 км и протяженностью более 4,6 км, ограниченной юго-восточным Большеурюмским разломом.

Золотое оруденение контролируется серией сбросо- и взбрососдвигов северо-восточного простирания протяженностью до 3 км и сопряженными с ними разрывами близмеридионального простирания (рис. 10.48). Первые имеют крутое (70–85°) падение, преимущественно на северо-запад и являются оперяющими по отношению к главному Большеурюмскому взбрососдвигу. Наиболее протяженные (1–1,5 км) минерализованные зоны локализованы в разрывных нарушениях северо-восточного простирания и вмещают жилы, жильные зоны с оперяющими прожилками и рудной вкрапленностью. Мощность 0,15–4,5 м, по падению прослеживаются на 300–400 м, протяженностью по простиранию 40–220 м, в среднем 80–100 метров. Минерализованные зоны субмеридионального простирания имеют протяженность до 300 м и представлены типичными жилами мощностью 5–30 см с полосчатым строением или зонами субпараллельных ветвящихся прожилков. Мощность прожилковых зон достигает нескольких метров.

Рис. 10.48. Схематическая геологическая карта Уконикского месторождения. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – юрские вулканогенно-осадочные отложения; 2 – архейские гнейсы и кристаллические сланцы; 3–5 – позднеюрский амуджиканский интрузивный комплекс: 3 – лейкократовые субщелочные гранит-порфиры, 4 – гибридные порфиры (дайки), 5 – диоритовые порфириты, лампрофиры (дайки), 6 – биотит-роговообманковые гранодиорит-порфиры, 7 – крупнозернистые гигантопорфировые граниты; 8 – фельзиты, фельзитовые порфиры; 9 – зоны кварц-карбонатно-сульфидной минерализации, угол их падения: а – с промышленной концентрацией золота, б – с непромышленными концентрациями золота; 10 – зоны дробления.


100 0 100 400
Зона Новая
Зона №1
Зона №6
Зона №14
Зона №13
Зона №9
Зона №5
Зона №11
Зона №10
Зона №17
Зона №15
Зона Южная
Зона Восточная
Зона Геологическая
AR am
J₁ kt
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Главные минералы – кварц, карбонаты, пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит; второстепенные и редкие – халькопирит, пентландит, стефанит, висмутин, галеновисмутит, акантит, самородные золото, висмут и серебро. Золото тонкодисперсное, концентрирующееся в пирите и арсенопирите, и самородное (свободное). Помимо золота из руд при соответствующей технологии можно попутно извлекать свинец, цинк, серебро, серу, индий, кадмий и др. Основная масса золотин имеет размеры 0,5–200 мкм, доля крупного золота не превышает 5% его валового содержания. Пробность золота – 430–800, более высокопробное золото характерно для окисленных руд.

Распространение промышленных руд по скважинам установлено до глубины 580 м при общем вертикальном размахе оруденения до 700 метров. Значительные масштабы распространения промышленного оруденения по площади и отчасти по вертикали дают основание оценивать месторождение как промышленный объект средней величины с содержанием золота 7,8 г/т. Запасы по состоянию на 01.01.2004 составляют по категориям (руды в тыс.т, металла в т): C_1 – 723/6,263; C_2 – 2308/18,151. Кроме того, руды содержат серебро, свинец, цинк и мышьяк. Законсервировано.

В **Нерчинско-Заводском** рудном районе находится **Козловское** месторождение золота, переходное к золото-полиметаллическим. Оно расположено в Калганском районе, в 26 км к северу от с. Калга, в 6 км к югу от с. Козлово. Открыто в 1962 году Горно-Зерентуйской и Нерчинско-Заводской ГРП ЧГУ. Поисково-оценочные работы и предварительная разведка проведены в 1963–1968 годах. Локализовано в тектонических зонах гидротермально измененных гранитов Кутомарского массива, имеющих субширотное простирание.

Выявлено четыре промышленных рудных зоны близширотного простирания: Центральная, Северная, Западная и Гидрогеологическая. Протяженность их по простиранию 300–1500 м, по падению 110–300 м, мощность 12–150 метров. Состоят из сближенных, часто ветвящихся крутопадающих рудных тел жильной формы мощностью 0,3–3 метра. В их центральных частях находятся четковидные выделения золотоносных су-

щественно сульфидных агрегатов, слагающих рудные тела мощностью 0,1–1,5 метра. Содержание Au 1 – 227 г/т.

Руды прожилково-вкрапленные, массивные, брекчиевые, обломочные, сульфидные золотомышьяково-полиметаллические. Главные минералы – золото, арсенопирит, пирит, галенит; второстепенные – халькопирит, сфалерит, пирротин, блеклая руда, буланжерит. Основная масса золота связана с сульфидами. Отмечаются сростки золота размером 6–120 мкм, пробность 760–880, средняя – 825. Зона окисления развита слабо до глубины 10–20 метров. Содержание (%): Pb – 2,5, As – 8,45, Zn – 0,24, Au – 15,6 г/т, Ag – 120,3 г/т. Запасы по рудным телам на 1986 год по категориям $C_1 + C_2$ – руды 791 тыс. т, Au – 10 765 кг, Ag – 82,9 т, Pb – 15 тыс. т, As – забалансовые запасы 58 458 т, Zn – 1,6 тыс. тонн. Прогнозные ресурсы золота по категории P_1 – 15 тонн. Известны перспективы прироста запасов.

К числу объектов, возможно, золото-кварцево-сульфидной формации относится еще недостаточно изученное месторождение **Наседкино** (см. разд. 10.2.6), находящееся в Могочинском рудном районе в верховьях р. Малый Урюм.

В Республике Бурятия в пределах **Каменской** золоторудной зоны, приуроченной к Парамо-Янгудинскому глубинному разлому в обрамлении Парамского гипербазитового массива, в 1968 году Г.Л. Митрофановым и И.И. Шатохиным открыто **Каменное** золото-колчеданное месторождение. Оно расположено в измененных эффузивах кислого и среднего состава, превращенных в ортосланцы, в линзах и горизонтах доломитов и метабазитов [Золото Бурятии, 2004].

Рудные тела имеют форму залежей, серий линз, расположенных кулисообразно, имеющих протяженность 750–800 м при мощности зоны 150–200 метров. Рудные тела вскрыты в обнажениях на 180 м по вертикали. Среди них по минеральному составу и строению выделяют три типа: массивные колчеданные (пиритовые) и колчеданно-полиметаллические (пирит-сфалерит-халькопиритовые); прожилковые халькопирит-блеклорудные.

Колчеданные содержат в среднем 4,9 г/т золота при соотношении Ag и Au 1 : 1,5–2,0. Золото высокопробное (910–930), легировано медью (0,5–0,6 мас. %) и ртутью (2,5–2,8%).

Пирит-сфалерит-халькопиритовые руды слагают основную массу рудных тел. Они состоят из сульфидов (60–70 объемн. %), карбоната и кварца (30–60 объемн. %). Главные минералы сульфидных руд – пирит, халькопирит, сфалерит, теннантит. Кроме того, присутствуют галенит, арсенопирит, тетрадимит, магнетит, канфильдит, теллуроканфильдит, алтаит, петцит, гессит, самородное золото, серебро. В зоне окисления развиты малахит, азурит, ковеллин, гетит, гидрогетит.

Средние содержания золота в этом типе руд 3,2–102,6 г/т, серебра – 18,7–545,02 г/т. Золото связано частью с петцитом, содержащим его в количестве 13,6–13,7 %. Выявлена связь золота и теллура [Золото Бурятии, 2004]. Петцит находится главным образом в пирите и халькопирите. Основная часть золота дисперсная и находится в сульфидах (содержания 10–72,2 г/т), частью в виде дисперсных включений в карбонатах. В халькопирите золото присутствует в единичных включениях размером 0,01–0,02 мм. Пробность 870–878.

В халькопирит-блеклорудном типе руд, не имеющем существенного распространения, развиты блеклые руды, теллуриды золота и серебра, самородные золото и серебро в виде микровключений (0,006–0,012 мм) в халькопирите.

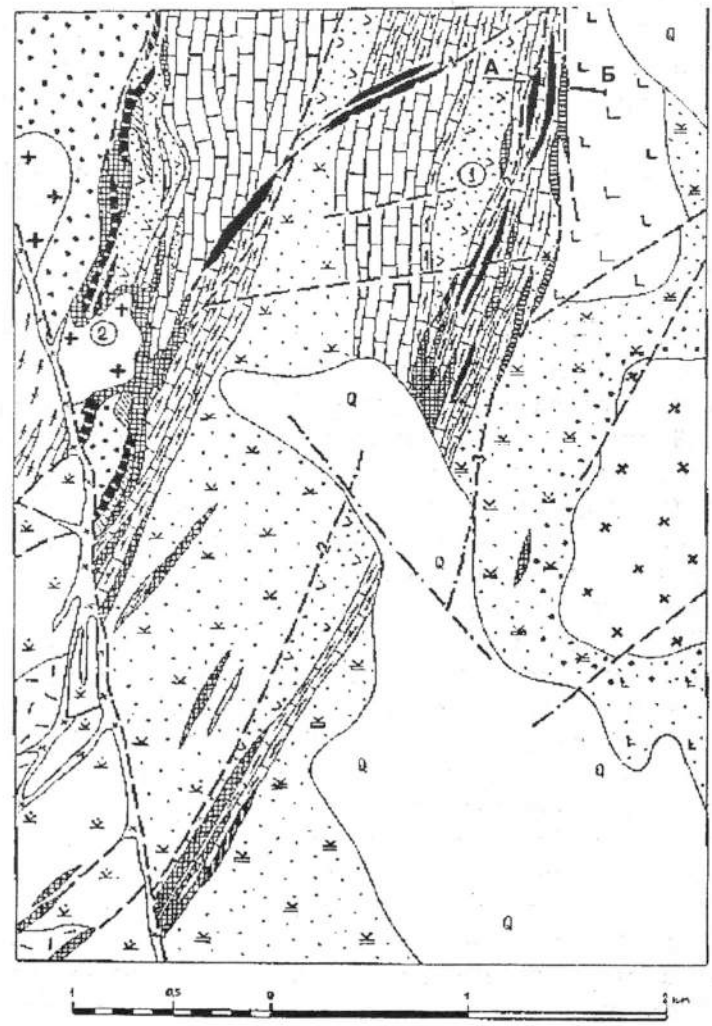
Ресурсы месторождения даются геологами в составе Каменской зоны и составляют порядка 75 т золота (см. табл. 10.4) [Золото Бурятии, 2004].

Назаровское месторождение. Из числа полиметаллических месторождений Озернинского рудного узла как золоторудный объект золото-кварцево-сульфидной формации выделяется Назаровское золото-полиметаллическое месторождение. Оно находится на территории Еравненского района Республики Бурятия в пределах Витимского плоскогорья на юго-восточном склоне водораздела между правым притоком Витима – рекой Заза и системой Еравненских озер. Месторождение открыто Нефедьевым в 1967 году в результате проверки бурением комплексной геолого-геофизической аномалии. Поисковые и поисково-оценочные работы выполнены в 1967–1973 гг. В 1976 году в рудах месторождения установлено золото. Доизучение и подсчет запасов были проведены Л.Л. Зоричевой и Г.И. Дорошкевич.

Озернинский рудный узел находится на площади развития нижнекембрийских отложений Удино-Витимской эвгеосинклинальной минерагенической зоны ранних каледонид (рис. 10.49). Назаровское рудное поле представляет собой нижнекембрийские осадочно-вулканогенные образования, нижняя часть которых сложена мраморизованными известняками, а верхняя – вулканитами среднего состава (рис. 10.50). В средней части разреза туфы переслаиваются с известняками. Простирание пластов – 10–30° и падение – юго-восточное крутое под углами 60–80°.

Вулканогенно-осадочная толща в восточной части прорвана диоритовыми порфиритами сурхебтинского субвулканического комплекса нижнекембрийского возраста и позднепалеозойскими кварцевыми сиенитами. Сиениты образуют купол с размерами на поверхности 1,2 х 1,8 км. Рудные тела, представленные скарнами, находятся на контакте переслаивающихся известняков и туфов и связаны с внедрением кварцевых сиенитов. Пострудные дайки долеритовых порфиритов мезозойского возраста пересекают все горные породы и руды. Длина даек – сотни метров при мощности 1–10 метров. Кроме того, широко развиты дайки субмеридионального простирания, локализованные вдоль золото-сульфидных рудных тел со стороны лежачего или висячего контактов. Все дайки примерно одновозрастны. Рудоносные пачки пересечены серией разноориентированных разломов.

Рудоконтролирующей и рудолокализующей структурой является зона Назаровского разлома. Она вмещает мощные (до 100–150 м) залежи скарнов к югу от месторождения и золото-сульфидные руды собственно Назаровского месторождения. Скарны – гранатовые, пироксен-гранатовые, гранат-пироксен-эпидотовые и гранат-эпидотовые. Они содержат вкрапленность магнетита, пирита, сфалерита, халькопирита и галенита. Выявлено 5 скарново-сульфидных рудных тел. Форма их линзо-пластообразная с пережимами, разветвлениями и раздувами. Они прослеживаются по простиранию от 300 до 750 метров. По падению прослежены буровыми скважинами на глубину 150–300 м, редко – до 500 метров.



Q 1 2 3 4 5 6 7

8 9 10 11 12 13

14 15 16 17 18 19 20

Рис. 10.49. Геологическая карта района Назаровского месторождения. По: [Золото Бурятии, 2004].

1 – четвертичные отложения. Аллювиальные, делювиально-пролювиальные. Валуны, глыбы, щебень, пески, супеси, глины; 2–7 – кембрийская система. Нижний отдел. Олдындинская свита: 2 – Юбилейная пачка. Базальтовые порфириты и их туфы; 3 – Сурхебтинская пачка: а) андезитовые, андезит-базальтовые и базальтовые туфы; б) базальтовые порфириты; 4 – Назаровская пачка: а) андезитовые порфириты и их туфы; б) перемежаемость известняков, туффитов и туфов среднего состава; 5 – Майская пачка: а) известняки белые, серые, массивные; б) андезитовые, андезито-базальтовые и базальтовые порфириты, их туфы, неразделенные по составу; 6 – Гематитовая пачка. Андезитовые и базальтовые порфириты: 7 – Гурвунурская пачка. Известковистые тонкополосчатые туффиты; 8 – мезозойские интрузии. Кварцевые сиенит-порфиры, монцонит-порфиры и гранит-порфиры, неразделенные; 9 – верхнепалеозойские интрузии. Граносиенит-лейкогранитовый комплекс: а) лейкограниты; б) кварцевые сиениты биотит-роговообманковые; 10 – среднепалеозойский субвулканический комплекс. Риолиты; 11 – роговики и ороговикованные породы; 12, 13 – минеральные типы руд известковых и магнезиальных скарнов: а) золото-пирит-сфалеритовые (назаровский тип); б) людвигит-магнетитовые, курчатовит-сахаитовые, часто со сфалеритом; в) пирит-магнетитовые; г) кварц-магнетит-гематитовые; 14 – разрывные нарушения 1 – Диагональный, 2 – Назаровский, 3 – Продольный; 15 – разрывные нарушения, перекрытые четвертичными отложениями; 16 – месторождения: 1 – Назаровское, золото-цинковое; 2 – Солонго, сфалерит-боро-магнетитовое; 17 – линия геологического разреза; 18 – мезозойские дайки трахидолеритов (только на разрезе); 19 – буровые скважины (на разрезе); 20 – магистральные канавы (на разрезе).

Мощность рудных тел – 0,5–11,1 м, составляя в среднем – 3,5 метра.

Главные рудные минералы – пирит, сфалерит и пирротин, второстепенные – халькопирит, галенит, арсенопирит, марказит, магнетит, гематит. Общее содержание сульфидов – 25–90% от объема руды. Жильные минералы – кварц, кальцит, хлорит (10–75% объема руды). Размеры зерен сульфидов – 0,1–20,0 мм. Самородное золото образует дисперсную вкрапленность в пирите, кварце, халькопирите, сфалерите. Основная масса частиц золота имеет размеры 0,001 мм. Редко в микротрещинах на

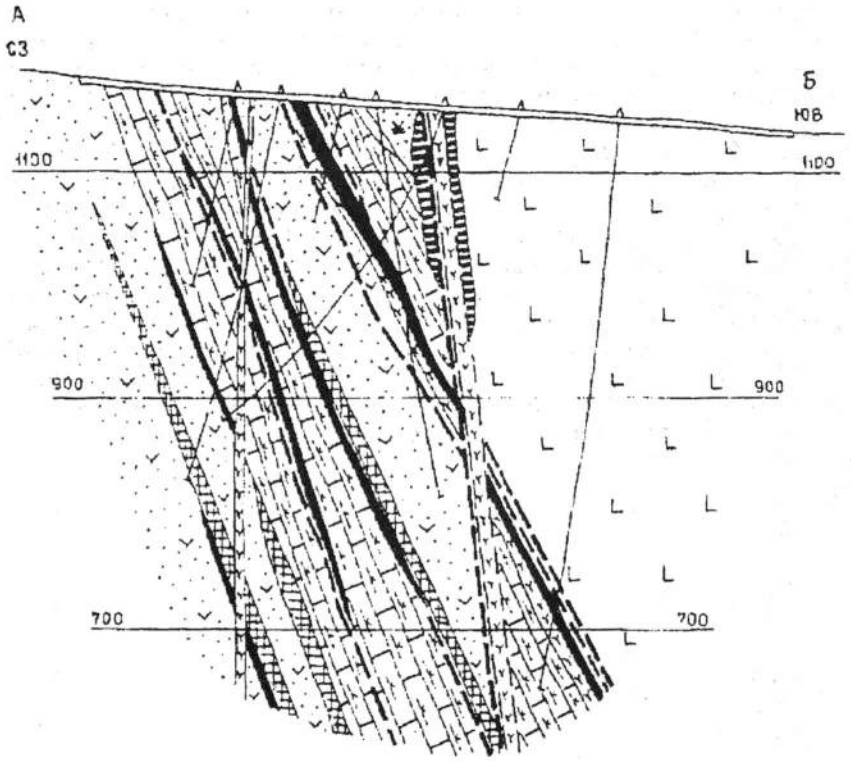


Рис. 10.50. Геологический разрез по линии АБ Назаровского месторождения. Условные обозначения на плане, рис. 10.49.

границах зерен в ассоциации с мельчайшими призматическими кристалликами кварца выделения золота достигают 0,1–0,2 мм. Пробность золота – 710–740.

Основные полезные компоненты в рудах – цинк (7,45%) и золото (1,5 г/т), в обогащенных золотом блоках – 5,8 г/т. Присутствуют также (%): сера пиритная – 11,2, свинец – 0,16, медь – 0,32, висмут – 0,016, кадмий – 0,025, серебро – 52 г/т, индий – 7,1 г/т. Запасы на 01.01.1993 г.: золота – 7,5 т, серебра – 270,4 тонны. Прогнозные ресурсы золота P_1 – 3,8 т, P_1+P_2 – 7 тонн. Технологические испытания, проведенные в ЗабНИИ Мингео СССР в 1977 году, показали возможность по схеме селективной флотации последовательно выделять золото-медный продукт, цинковый и пиритовый концентраты. Присутствующий в руде в составе сфалерита кадмий переходит, в основном, в цинковый концентрат.

К **золото-углеродистой** формации в пределах Могочинского рудного района, в 60 км к юго-востоку от ж.-д. станции Амазар, в верховьях р. Багаджа находится **Багаджинская рудная площадь** в поле развития терригенных углеродсодержащих толщах. Прогнозные ресурсы золота в ее пределах составляют по категории P_2 36 тонн при содержании его 1,5 г/т. Прогноз составлен до глубины 150 метров. Предполагается выделение наиболее богатых участков для организации добычи открытым способом с использованием кучного выщелачивания для извлечения золота. Возможность увеличения ресурсов не ограничена.

На Алданском щите известен уникальный золото-урановый Центрально-Алданский рудный район [Казанский, 2004]. В предалах Эльконского горста тут выявлено два типа комплексных руд. Один из них (эльконский) – **золотобраннеритовый**, другой (федоровский) – содержит **браннерит-серебро-золотое** оруденение. По данным этого автора, прогнозные ресурсы рудного района оцениваются в 600 000 тонн урана и 1000 тонн золота. Подобные образования обнаружены старателями артели «Курба» и изучены А.Г. Мироновым [2007]. Они найдены в Озернинском рудном районе в бассейне ручья Лев. Сурхэбта и представляют собою самородки золота

сложного состава с радиоактивностью от 30 до 600 мкр/час. Радиоактивность, как выяснено А.Г. Мироновым, связана с присутствием браннерита, образующего сростки с золотом, которое находится в нем в виде просечек. Ассоциация высокопробного золота с настураном и уранинитом давно известна в Левитинском проявлении, находящемся в Южно-Муйском хребте. Оно представлено субсогласными сульфидно-кварц-карбонатными жилами в осадочно-метаморфической толще муйской серии нижнего протерозоя. Известно золото-урановое оруденение – также по речке Талая, в 200 км от Левитинского проявления.

Исследование радиоактивности шлихов золотоносных россыпей Восточного Забайкалья, проведенное группой авторов [Тупяков и др.,2005], показало довольно широкое развитие в них радиоактивной минерализации. Установлена совмещенность золотого и уранового оруденения в проявлениях, приуроченных к вулкано-тектоническим впадинами и их бортам, а в их пределах – к вулканогенно-осадочным постройкам. Подобные объекты выявлены в результате ГРР ПГО «Сосновгеология» в бассейне р. Чикой (Ивановское, Фомичевское, Югальское и др.). Есть предпосылки считать, что проявления малоглубинной золото-серебряной формации и урановые объекты кремнисто-гематито-уранового и близповерхностные месторождения кремнисто-мышьяково-настурановой формации образуют единый генетический ряд, краевыми членами которого являются собственно золоторудные и урановорудные месторождения.

Учитывая все выше сказанное, а также факты присутствия минералов урана в золотых рудах среднеглубинных месторождений (данные А.Г. Миронова по жиле Рябоконь в Мунгинском рудном поле Балейского рудного района и месторождение Новинка в Карийском), правомерно полагать вероятность наличия более широких, чем это считалось до сих пор, пространственно-генетических связей золотого и уранового оруденения. Эти связи имеют важное значение и для поисков комплексных руд с использованием относительно дешевых инструментальных радиометрических методов, в том числе и в их дистанционных вариантах. Весьма важным для широкого

применения гамма-съемки является резко повышенное содержание в близповерхностных золото-серебряных рудах калия, а следовательно и его радиоактивного изотопа ^{40}K.

Кроме собственно золоторудных коренных месторождений золота, его источником в Забайкалье являются полиметаллические (**Нойон-Тологойское**, месторождения нерчинского типа и др.), молибденовые (**Давендинское, Бугдаинское**), медно-порфировые (**Лугоканское, Култуминское** и др.), медистые песчаники (**Удоканское, Право-Ингамакитское, Сакинское** и др.), медно-никелевые (**Чинейское**) и др. Среднее содержание золота в рудах этих месторождений варьирует широко (0,05–3 г/т). Значительны запасы золота в **Уронайском** золото-висмутомедном месторождении. По категории C_2 запасы его составляют 12,5 т при содержании 4,7 г/т, По категории $C_2 + P_1 + P_2$ запасы и ресурсы золота составляют 62,2 тонны. Слабо изученная зона окисления этого месторождения мощностью 20 – 55 м содержит золото в концентрациях 11,5 г/т. Кроме того, предполагается золотоносность скарнов с ресурсами категории P_3 порядка 80 т [Гайворонский и др., 2003].

Имеются предпосылки открытия объектов золото-порфировой формации в Кодаро-Удоканской зоне в связи с алданским интрузивным комплексом.

10.1.6.7. Россыпные месторождения золота.

Поскольку россыпные месторождения пространственно и генетически связаны с коренными его месторождениями, рассмотрение их производится в соответствии с минерагеническим районированием территории Забайкалья, то есть по рудным районам.

Балейский рудный район. В пределах этого района находятся наиболее известные исторические россыпи золота. Они расположены в аллювиальных отложениях Унды и её притоков. **Ундинская** россыпь, открытая в 1828 году А.И. Кулибиным, была одной из первых. Место это находилось между с. Малышево и Ундинские Кавыкучи, то есть ниже впадения в Унду р. Шахтама, где впоследствии была открыта одна из крупнейших в Забайкалье золотонсных россыпей. Содержание

золота в песках составляло не более двух долей золотника на 100 пудов, что соответствует в современном исчислении всего 135,6 мг/м^3. Содержание это ниже промышленного минимума. Примерно в это же время, как выяснил из архивных данных Ю.А. Игнаткин [1994], штейгер (в современном горном табеле должностей соответствует горному мастеру) Мартемьянов проводил поисковые работы на золото и в 1832 году открыл россыпь с его промышленным содержанием в долине р. Кучертай, притоке р. Куэнга, где и был заложен первый в Забайкалье прииск для добычи россыпного золота. Тем не менее, в долине Унды, начиная с 1838 года, открываются одна за другой крупные промышленные россыпи золота.

После открытия в бассейне р. Унда промышленных золотоносных россыпей интерес к этому району не ослабевал на протяжении всей истории горно-геологического производства.

Казаковская россыпь, Казаковка, Казакова. Расположена в Балейском районе, в 36 км к северо-востоку от г. Балей. Открыта штейгером Нерчинского горного округа Дубровским в 1838 году. Первые разведки проведены в конце 1830 – начале 1840-х годов. Тогда же началась и отработка россыпи. Вторично она разведывалась Казаковской геологоразведочной экспедицией ЧТГУ в 1967–1970 годах. Входит в Балейский рудный район, одноименный рудный узел. Описание дается по О.И. Широкому [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Россыпь современная, аллювиальная, долинная, мелкозалегающая, открытая. Форма россыпи пластовая. Длина 3,0 км, средняя ширина 75 м, глубина выемки 3–7 м (ср. 4 м). Распределение золота в плане и по разрезу неравномерное, но распространено на всю мощность аллювия. Золото мелкое и крупное. Пробность 897. Пески хорошо промывистые. Плотик коренной, поверхность волнистая, представлен туфопесчаниками, сланцами, гнейсами. Коренными источниками золота в россыпи являлись верхние сэродированные части золотоносных кварцевых жил Казаковско-Ключевского месторождения, а также древняя золотоносная россыпь Казаковская терраса. Ценный минерал – самородное золото, главные минералы-спутники – магнетит, ильменит, шеелит, касситерит, киноварь, галенит, торит.

Содержание золота, по данным добычи в XX веке, на массу по выработкам 41–1419 мг/м^3 (среднее содержание 229 мг/м^3). Россыпь пригодна для отработки 50–80-литровыми драгами. Произведен пересчет запасов на открытую раздельную отработку. По непроверенным данным, в XIX веке добыто около 4,6 т Au.Только в 1864 году на Казаковском промысле было добыто 78,2 кг золота, а в 1894 – 253,2 кг, всего по оценке за 60 лет (1840–1900 гг.) Казаковская россыпь дала около 10 тонн золота. За период 1938–1952 гг. добыто 577 кг учтенного Au, в 1973 – 9 кг. Россыпь разрабатывается. Учитывая неизбежные технологические потери и тот факт, что геотехногенные процессы дают возможность преобразования золотоносных техногенных массивов в промышленные россыпи примерно за 50 лет, следует произвести переоценку той части Казаковской россыпи, которая была отработана до 1950-х годов.

К 1884 году уже были открыты и разрабатывались на Унде **Ново-Троицкие** аллювиальные россыпи, располагающиеся ниже **Каменских** золотоносных конгломератов и питаемые этими конгломератами, а также Балейским, Сосновским, Майским и другими, частью сэродированными или уже перекрытыми коренными месторождениями золота. Например, только в 1894 году (через 10 лет после начала эксплуатации) Ново-Троицкий прииск дал 203,1 кг золота (пересчет данных Ю.А. Игнаткина, приведенных в пудах и фунтах, [Игнаткин, 1994]). До 1914 года он мог дать около 5 тонн металла. Эти россыпи интенсивно отрабатывались и в советское время, вплоть до 1970-х годов, дражным способом и дали более десяти тонн золота.

Все некультивированные техногенные золотоносные массивы Ново-Троицких россыпей в результате процессов геотехногенеза должны преобразоваться в геотехногенные россыпные месторождения золота и подвергнуться переоценке.

Все они претерпели **природную рекультивацию и не подлежат антропогенной рекультивации** во избежание перекрытия вновь образовавшегося геотехногенного месторождения безрудными грунтами.

К числу крупных погребенных россыпей относится **Алиинская**. Она находится в долине р. Алия, притока р. Талангуй,

впадающей в Унду. Россыпь перекрыта современными отложениями и относится к погребённым. Запасы золота в результате её разведки, проведенной Казаковской ГРЭ в 1970-е годы, составили порядка 8 тонн. По данным З.Н. Киселевой [2000], возраст этой погребенной россыпи по спорово-пыльцевому спектру (определение Г.Н. Пономаренко) определен как олигоцен-миоценовый. Погребенная долина приурочена к тектонической зоне, выраженной в виде интенсивного дробления, каолинизации и окварцевания. Эту зону эндогенной минерализации сопровождают более мелкие, сопряженные с ней нарушения. Они фиксируются по бортам долины интенсивным окварцеванием, брекчированием и аргиллизацией с бедным золотым оруденением. Согласно представлениям З.Н. Киселевой [2000], участки пересечения основной зоны с осложняющими ее поперечными являются наиболее интенсивно минерализованными, давшими основное количество металла при формировании погребенной россыпи.

Источниками россыпного золота могли быть также жилы и прожилки халцедоновидного кварца и конгломераты, развитые в бортах долины в нижнем течении р. Алия [Киселева, 1969]. Все эти вместе взятые источники, а также значительная протяженность минерализованной зоны обусловили возникновение богатой и протяженной (13 км) золотоносной россыпи. Золотоносность рыхлых отложений отмечается с глубины 8–8,5 метра, которые занимают самые углубленные участки долины, располагаясь среди угловатых обломков гидротермально измененных окварцованных и каолинизированных гранитоидных пород, сменяющихся вниз по течению сильно выветрелой галькой конгломератов, развитых в нижней по течению реки её части, в бортах и дне долины. Обломки имеют голубовато-серую окраску и включены в разнозернистый светло-серый песок с примесью каолиновой глины.

Характерным для отложений, вмещающих нижний золотоносный пласт (на глубине 16–16,5 м), является отсутствие сортировки обломочного материала и соответствие петрографического состава сильно выветрелых обломков горным породам, развитым в дне и бортах долины. Золото отмечается

во всей нижней толще, но наиболее обогащенными являются отложения в приплотиковой части, представленные голубовато-серыми обломками с глинистой дресвой и щебнем. Мощность пласта увеличивается снизу вверх по течению р. Алия от 0,5 до 3 метров. Значительная часть золота в россыпи состоит из мелких неокатанных зерен размером 0,2–1 мм. Крупные золотины встречаются редко (не более 5%).

Группа россыпей мелких, частью отработанных в XX веке, находится в юго-западной части Балейского рудного района. Общее их число более 10. К ним относятся **Шундуинская, Падь Калангуй, Улятуйское** и другие. Суммарные запасы золота в них составляют около 1 тонны.

В Шахтаминском рудном районе, в котором находятся Шахтаминское и Бугдаинское месторождения молибдена, известно крупнейшее **Шахтаминское** месторождение россыпного золота, в конце XX века в основном отработанное. Но как геотехногенный объект оно имеет практическое значение. Эта россыпь находится в Шелопугинском районе. Она состоит из ряда россыпей, находящихся в бассейне р. Шахтама, правого притока р. Унда. Она включает собственно Шахтаминскую россыпь, залегающую в долине р. Шахтама, Большой Шахтаменок, Малый Шахтаменок, Кривой Шахтаменок, в одноименных левых притоках Шахтамы, Кулиндинскую – в рыхлых отложениях одноименной пади в ее верховьях. Собственно Шахтаминская россыпь относится к террасово-долинному типу, Кулиндинская – к нагорному. Золотоносность в бассейне Шахтамы была открыта И.А. Павлуцким в 1848 году (собственно Шахтаминская, по Большому и Кривому Шахтаменкам), а в 1878 году – Кулиндинская и в 1948 году – по Малому Шахтаменку. Кроме того, в Шахтаминском золотоносном районе с 1895 года известны россыпи Дыгыня, открытая старателями, Аленгуйская, выявленная в 1966 году, Синяха – в 1969 и Симуча – в 1981 году. Наиболее крупная из них, собственно Шахтаминская, периодически отрабатывалась с момента открытия до 1952 года. Из нее было добыто к этому времени около 25 тонн золота. Затем в 1952–1961 гг. произведена доразведка. Запасы по состоянию на 16.12.1961 г. (протокол ГКЗ № 3541) по категориям $A+B+C_1$

составляли 2338 кг. Россыпь вновь отрабатывалась. По состоянию на 01.01.1991 г. по категориям $B+C_1$ для дражной и раздельной добычи запасы увеличились и составляли 3244,4 кг. К 2004 году эти запасы отработаны, но количество золота, действительно оставшееся в россыпи, неизвестно. Сведения о разведанных запасах и добыче золота, а также о ГРР, эксплуатации и добытом золоте на других россыпях Шахтаминской системы россыпного золота приведены в табл.10.5. В настоящее время она представляет собою крупный объект для повторной разработки, в том числе и дражным способом. Судя по табл. 10.5, в последние годы добыто 924 кг золота, а оставшиеся запасы составляют 1952 кг.

Источниками золота Шахтаминской системы россыпей были верхние и фланговые части Шахтаминского месторождения молибдена, в жильном материале которого всегда присутствует золото, особенно в сульфидах – пирите, галените, халькопирите. Концентрации его в сульфидах нижних частей жил, являющихся рудами молибдена, составляют в среднем 0,5–6 г/т. В верхних эродированных их частях, судя по содержаниям в золотоносных кварцевых гальках, достигавшим десятков граммов на тонну, золото присутствовало в виде свободных от сульфидов зерен и мелких самородков. Рыхлые отложения, слагающие золотоносные пласты, являются аллювиально-коллювиальными. Они характеризуются плохой сортированностью песков и широким диапазоном гранулометрических характеристик. В 1930–1940 гг. отрабатывались погребенные и крупноглыбовые россыпи, требовавшие применения специальных методик и технологий добычи. Золотоносные пласты отличались прерывистостью и невыдержанностью содержаний золота. Общая протяженность системы россыпей – более 20 км.

К **Шахтаминскому рудному району** относится также **Черепановское** россыпное месторождение золота, расположенное в Калганском районе, в 23 км к северо-северо-востоку от с. Калга, в 8,6 км к югу от пос. Козлово. Относится к Солкоконскому рудному узлу. Открыто в 1888 году. Россыпь долинная, частью – террасовая. Террасовая часть отработки велась с перерывами в 1888–1957 гг. ямным способом. Данных о добыче нет. Долинная

Таблица 10.5

Сведения о первичных и геотехногенных золотоносных россыпях в бассейне р. Шахтама

Название россыпи	Сведения об эксплуатации		Сведения о ГРР и запасах	
	годы отработки	добыто золота, кг	организация, годы	запасы, по категориям, кг
Большой Шахтаменок	с 1848	Эксплуатировалось, данных нет	ПО «Забайкалзолото», 01.01.1951	$B+C_1$ – 466
Малый Шахтаменок	с 1948	Эксплуатировалось, данных нет	Трест «Забайкалзолото», 11.08.1975	Балансовые – 101, забалансовые – 26
	1990	47	с/а Байкал	
Кривой Шахтаменок	с 1848 1990	Эксплуатировалось, данных нет 21	Трест «Забайкалзолото», ТКЗ ЧГУ 11.08.1975 с/а Байкал ГБЗ 01.01.1991	Балансовые A+B+C – 170 A+B+C – 6
Кулиндинская	1878–1945	400	ПО «Забайкалзолото», 01.01.1991	Балансовые $B+C_1$ – 808
Дыгыня	1895–1948	400	«Балейзолото», 01.01.1991	C_1 – 334
Аленгуйская	1966–1991	56	ПО «Забайкалзолото", 01.01.1991	$B+C_1$ – 41
Итого		924		1952

струя длиной 1120 м, шириной 43 м, запасы песков 69,6 тыс. $м^3$, золота 51,4 кг. Террасовая – 530 м, 46 м, 35,5 тыс. $м^3$ и 38,7 кг золота. Мощность торфов 3,6 м и 5,1 метра. Пески промывистые, распределение золота в плане и по разрезу неравномерное. Пробность золота 883. Золото мелкое, слабо окатанное. Россыпь аллювиальная, современная, террасовая, открытая.

Среднее содержание золота 0,858 г/м^3. Перспектив прироста запасов, по данным И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2006], нет.

Интенсивно насыщен золотоносными россыпями **Нерчинско-Заводский** рудный район. Это связано с высокой плотностью полиметаллических месторождений, всегда содержащих то или иное количество золота, которое накапливается в верхних частях их зон окисления, представляющих собою железные шляпы, обогащенные гидроксидами железа, образовавшимися вследствие выветривания золотосодержащих сульфидов (пирита, пирротина, халькопирита, арсенопирита), и являющимися прекрасными осадителями и сорбентами золота. Здесь находится большое число рудных и рудоносных полей, таких как **Нерчинско-Заводское, Козулинское, Золотоношенское, Солкоконское** (частью в Шахтаминском рудном районе), **Богомоловское, Смирновское** (рис. 10.51). Здесь развиты золотоносные зоны окисления в принадвиговых структурах. Они представляют собою остаточные золотоносные россыпи.

Наиболее существенные запасы россыпного золота в Нерчинско-Заводском рудном районе приурочены к бассейнам рек Средняя и Нижняя Борзя. Россыпи по р. Средняя Борзя находятся как в долине самой реки, так и её притока – Солкокон. По реке Нижняя Борзя россыпи находятся в ее долине и притоках – Брикачанка, Золотоноша, Коржиха, Серный Ильдикан. Кроме того, золотоносны долины рек Большой Зерентуй, Дубленчиха, Калазырга, Малый и Большой Коруй. В долине р. Средняя Борзя известны и небольшие террасовые россыпи в приустьевых частях падей Явленская и Солкокон.

Типичным примером геотехногенных россыпей является **Солкоконская** россыпь золота, расположенная в Нерчинско-Заводском районе Забайкальского края, отрабатывающаяся двумя многолитражными драгами. Россыпь открыта старателями в 1843 году. Она приурочена к современным аллювиальным отложениям долинного типа (см. рис. 10.51). Россыпь линейной формы, одноструйная и только в нижней части делится на две струи. Золото приурочено к нижним горизонтам галечников и верхней части коренных пород. Продук-

тивный пласт имеет лентообразную форму. Длина его 4000 м при ширине в среднем 51 м, мощность 0,5–3,0 м, в среднем 1,7 метра. Коэффициент вскрыши 1,2. Распределение золота неравномерное. Подстилающие горные породы плотные – граниты, гранодиориты верхнеюрского возраста. Торфа – почвенно-растительный слой, аллювиально-пролювиальные отложения (пески, суглинки, ил с включениями мелкообломочного полуокатанного материала) четвертичного возраста. Содержание золота в торфах от единичных знаков до 200 мг/м^3. Пески – аллювиальные (галечник с примесью гравия с песчано-глинистым заполнителем буровато-желтого цвета) и элювиальные отложения (горизонт дресвы и щебня с примесью песка и глины). Гранулометрический состав обломочного материала (в %): <10 мм – 40; 20–80 мм – 40–60. Золото в россыпи мелкое. Преобладающий вес золотин 0,18–2,2 мг. Форма плоская, дендритовидная, проволочковидная. Цвет темно-бурый. Ситовый анализ золота (в %): частиц размером менее 0,1 мм – 3,35; 0,1– 0,3 мм – 16,8; 0,3–0,5 мм – 36,18; 0,5–1,0 мм – 32,92; 1,0–3,0 мм – 7,98; 3,0–5,0 мм – 2,77. Содержание золота на пласт 652 мг/м^3, на массу 272 мг/м^3. Пробность – 867. В 1843–1857 гг. добыто 812 кг золота. ТКЗ ЧГУ 13.02.1969 г. утверждены балансовые запасы по категории C_1 песков 1124 тыс. м^3, золота 306 кг, со средним содержанием его 272 мг/м^3. В 1990 году старательской артелью «Прогресс» из этой геотехногенной россыпи добыто песков 191 тыс. м^3, золота – 73 кг. Расчетное содержание добытого золота составило 382 мг/м^3, что превышает данные разведки в 1,4 раза. По состоянию на 01.01.1991 г. балансом было учтено песков 309 тыс. м^3, золота – 218 кг со средним содержанием 704 мг/м^3. Пробность золота 867. Содержание золотин крупностью менее 0,5 мм – 56,6%.

Россыпь по р. Средняя Борзя, аллювиальная долинная. Расположена в Нерчинско-Заводском и Калганском районах. Описание приводится с использованием данных И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Открытая в 1875 году старателями у р. Богомоловка, она интенсивно отрабатывалась в XIX–XX веках и разведана была лишь в 1957–1963 годах. До 1950 года, когда началась ее отработка комбинатом

«Балейзолото», добыто 679 кг учтенного золота. Добыча с начала эксплуатации в советское время составила 4615 кг золота и 20199 тыс. м^3 горной массы. Наряду с переработанной горной массой присутствуют остаточные целики. Приурочена к аллювиальным отложениям р. Средняя Борзя. Долина на всем протяжении хорошо разработана, длина – 75 км, ширина – до 3 км. Установлено до четырех разновозрастных террас. К пойменным отложениям приурочена мелкозалегающая россыпь. Выделены участки: 1) Средне-Борзинская россыпь для дражной отработки, 2) борта и фланги Средне-Борзинской россыпи для раздельной добычи, 3) участок Кутомара, заглубленная россыпь в верховье р. Средняя Борзя. Известно три продуктивных пласта: 1) длиной 35000 м и шириной 60–500 м, в среднем 159 м, мощностью 4,5–12 м, в среднем 5,5 м; 2) длиной 21000 м, шириной 20–640 м, в среднем 210 м, мощностью 0,5–4,5 м, в среднем 1,5 м; 3) длиной 6104 м, шириной 15–310, в среднем 147 м, мощностью 0,2–4,5 м, в среднем 1,5 метра. Пробность золота, соответственно, 890, 900 и 913. Россыпь вытянутая, с чередованием обогащенных участков. Ширина 20–900 м, в среднем 300 метров. На участках расширения разведано до 5 струй шириной 20–350 метров. В изученных сохранившихся на момент разведки ненарушенных разработками прошлых лет частях россыпи золотоносный пласт приурочен к нижнему слою современных буровато-серых галечников и верхнему горизонту разрушенных коренных пород. В верхней части россыпи – к древним зеленовато-серо-синеватым отложениям («синякам»). Торфа – современные делювиальные суглинисто-супесчаные отложения и аллювиальные песчано-галечные с валунами и прослоями ила. Содержание золота до 350 мг/м^3. Плотик – граниты нижнего палеозоя, метаморфизированные глинистые сланцы, алевролиты, песчаники кембрия, песчаники юры, конгломераты раннего мела, зоны гидротермально измененных пород. В плотике местами содержание золота до 6,4 г/т, серебра – до 26,16 г/т, свинца – до 5,35%, цинка – до 3,51%. Это свидетельствует о необходимости изучения плотика с целью поисков коренного месторождения золота, являющегося источником россыпи. Пески представлены современными галечниками

Условные обозначения к рис. 10.51

Четвертичные отложения.
Современное звено: песчано-галечные отложения, глины, суглинки, супеси, золовые пески

Среднечетвертичное звено и верхнечетвертичные звенья (отложения объединённые)

Среднечетвертичное звено: аллювиально-озёрные пески, ледниковые и водно-ледниковые супеси, суглинки

Абагатуйский комплекс: трахиандезибазальты, трахириолиты

Годымбойская свита: трахиандезибазальты, трахибазальты, алевролиты, аргиллиты, песчаники, туфопесчаники, конгломераты, туффиты, туфы

Гидаринская, годымбойская свиты: трахиандезибазальты, трахибазальты, алевролиты, аргиллиты, песчаники, туфопесчаники, конгломераты, туффиты, туфы, туфогравелиты, трахибазальты, лавы и туфы трахидацитов, риолитов

Гидаринская свита: туфопесчаники, туфоалевролиты, туфогравелиты, туффиты, трахибазальты, лавы и туфы трахидацитов, риолитов

Патринская свита: песчаники, конгломераты, алевролиты, мергелистые алевролиты, туффиты, аргиллиты, туфы

Амуджикано-Шахтаминский комплекс:

2 фаза – граниты, гранодиориты

2 фаза – кварцевые сиениты

1 фаза – кварцевые монцониты

Шадаронская серия: андезиты, андезибазальты, дациты, риодациты, их туфы, туфоконгломераты, туфоалевролиты, гравелиты, песчаники, конгломераты

Ононборзинская серия: алевролиты, аргелиты, песчаники, конгломераты

Пермские лейкограниты, граниты

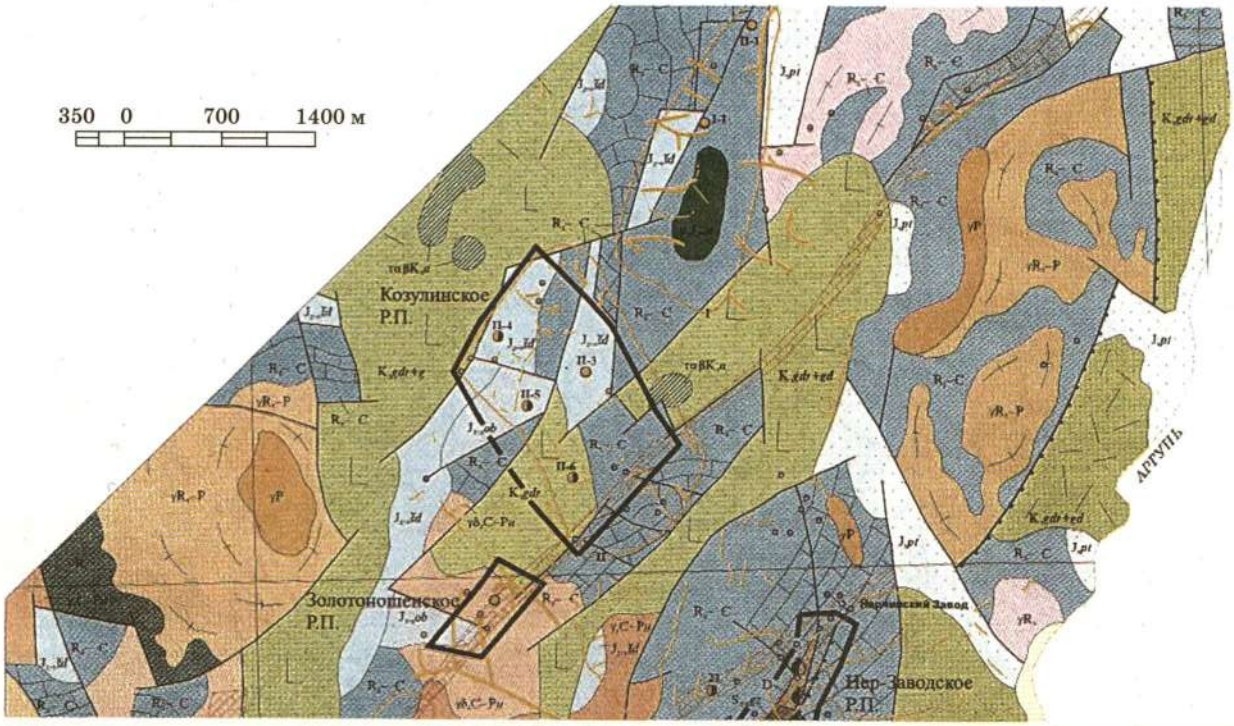
Полихронные гранитогнейсы

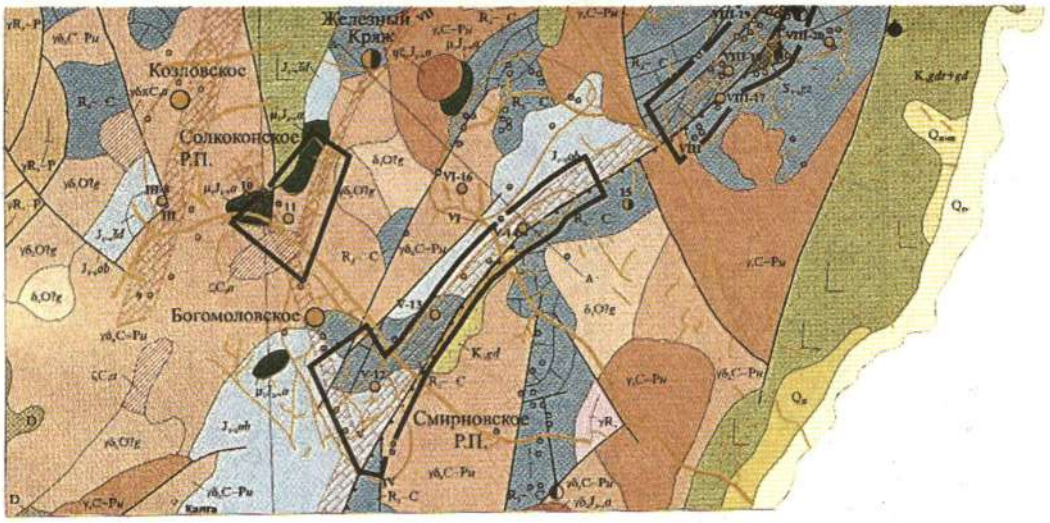
Ундинский комплекс:

3 фаза – граниты, лейкограниты

2 фаза – гранодиориты

Нерчинско-Заводский рудный узел





РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ АА

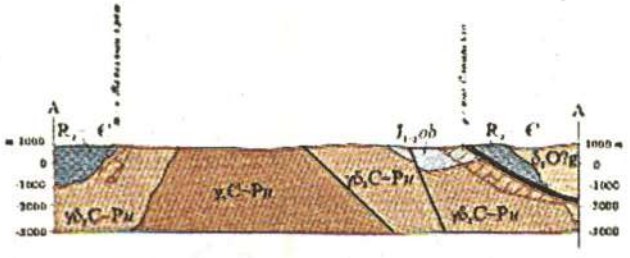


Рис. 10.51. Нерчинско-Заводский рудный район.

Условные обозначения к рис. 10.51

Аленуйский комплекс:

дациты, риодациты,

гранодиорит-порфиры

Девонские свиты: объединённые песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, кварцевые песчаники, кварцит, гравелиты

Горюзерентуйская толща: алевролиты, аргиллиты, песчаники, мергели

Газимурский комплекс:

2 фаза – граниты, гранодиориты

1 фаза – диориты

Аргунская, быркинская, даурская серии и надаровская свита нерасчленённые: доломиты, известняки, мергели, сланцы, метаалевролиты, метапесчаники, песчаники, гравелиты, конгломераты, гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, метабазальты, амфиболиты

Позднерифейские гранитогнейсы

Позднерифейские габбро, троктолиты, диориты

тектонические нарушения

надвиги

золотоносные зоны окисления в принадвиговых структурах

карбонаты

эффузивные породы среднего (а) и кислого (б) состава

гнейсовидность

Полезные ископаемые

Месторождения золотосодержащие

Месторождения золота

Рудопроявления золотосодержащие

Рудопроявления золота

Пункты минерализации золота

Месторождения и проявления полиметаллов

Контуры золоторудных полей

Россыпи золота

с примесью гравия, дресвы и песчано-глинистым заполнением, неоген-раннеплейстоценовыми песчано-галечными отложениями. Гранулометрический состав (в %): обломки крупнее 200 мм – 1,2; 101–200 мм – 2,6; 81–100 мм – 3; 51–80 мм – 4,5; 21–50 мм – 10,6; 16–20 мм – 56; 10–15 мм – 7,4; менее 10 мм – 66,1. Золото окатанное, полуокатанное, редко неокатанное, мелкое, золотисто-желтое, темно-желтое. Ситовой анализ золота в среднем (в %): размером (мм) менее 0,1 – 0,16; 0,1–0,3 – 11,82; 0,3–0,5 – 36,36; 0,5–1,0 – 25,98; 1,0–3,0 – 23,8; 3,0–5,0 – 1,88. Остаточные запасы геотехногенной россыпи по состоянию на 2000 год в отвалах не менее 2242 кг золота, в неотработанных целиках – не менее 2034 кг.

На это время прогнозные ресурсы по россыпям Средней Борзи и Нижней Борзи составляли по категориям, соответственно (т): P_1 – 1,678 , P_2 – 0,28 и P_3 – 1,945 [Государственная..., 2001].

Золотоносная **россыпь по долине р. Нижняя Борзя** находится в Нерчинско-Заводском районе, в 18 км на запад-юго-запад от с. Нерчинский Завод. Открыта И.Г. Макаровым в 1959 году при проведении геологоразведочных работ. Поисково-разведочные работы выполнены Казаковской (В.П. Долбак, 1976–1980 гг.) и Балейской (В.М. Забродин, 1985–1991 гг.) геологоразведочными экспедициями. Россыпь долинная, мелкозалегающая, аллювиальная, представлена четырьмя участками. Рыхлые отложения: почвенно-растительный слой (до 1,0 м), глинисто-илистые (до 3,5 м) и аллювиальные песчано-гравийно-галечные образования (до 2,5 м), элювиальный материал в виде щебня и дресвы (до 2,5 м). Они залегают на коренных песчаниках, сланцах и известняках. Золотоносны нижняя часть аллювиальных и верхняя часть элювиальных отложений. Мощность торфов 4,4 м, песков – 1,5 метра. Среднее содержание Au в промышленном контуре 657 мг/м^3. Пески хорошо промывисты, с невысоким выходом черного шлиха – 2–9 кг/м^3. Золото относительно мелкое (0,1–1,0 мм), крючкообразное, пластинчатое, комковидное, преимущественно окатанное. Пробность его 916. Россыпь обводнена. Золотоносный пласт располагается на уровне зеркала грунтовых вод или несколько ниже его. Многолетняя мерзлота имеет островной

характер, занимая 35–40% площади россыпи. Объект до его разведки не был затронут старыми отработками. Плотик легко драгируемый. Разрабатывается с 1982 года. Способ разработки раздельный с промывкой песков на промприборах ПГШ-II-50. Добыто около 1,8 тонны золота.

Все другие относительно крупные россыпи золота в Нерчинско-Заводском рудном районе были открыты в XIX веке и подвергались отработке несколько раз. Все они относятся к геотехногенным.

Месторождение **Серный Ильдикан** является аллювиальной долинной россыпью золота. Расположено в Нерчинско-Заводском районе, в 12 км к северо-западу от пос. Михайловка, в 25 км к юго-западу от с. Нерчинский Завод. Входит в состав Нерчинско-Заводского рудного узла. Открыто в 1867 году старателями. В 1964–1967 гг. выполнена разведка. Протяженность долины р. Серный Ильдикан 18 километров. Мощность долинных отложений 3–8 метров. Россыпь залегает в пойменной части, местами приурочена к правому борту долины, одноструйчатая, на небольших участках – двухструйчатая. На протяжении 5 км она частично нарушена отработками прошлых лет. Продуктивный пласт длиной до 11922 м, шириной 67–130 м, в среднем 79 м, мощность 0,5–2,5 м, в среднем 1,6 метра. Мощность торфов 2,7 м, в среднем – 3 метра. Горные породы плотика – граниты среднепалеозойские, песчаники, сланцы среднеюрского возраста. Коэффициент вскрыши 2. Торфа – илисто-глинистые, песчано-гравийно-галечные. Содержание золота до 200 мг/м^3. Форма золотин крючковатая, пластинчатая, комковидная. Золото мелкое, полуокатанное, окатанное. Пробность 908. Гранулометрический состав золота (в %): 0,1–0,3 мм – 16,9; 0,3–0,5 мм – 44,8; 0,5–1,0 мм – 23,1; 1,0–0,5мм – 13,5; крупнее 5,0 мм – 1,7. За период 1867–1950 гг. с перерывами добыто 700 кг учтенного золота, а всего с начала разработки – 1941 кг. Среднее содержание 308 мг/м^3. В отчетном балансе по «Забайкалзолото» на 01.01.1991 г. запасы числились как забалансовые по категориям В+$С_1$ песков 1146 тыс. м^3, золота – 208 кг при пробности 908.

К бассейну р. Нижняя Борзя, как сказано выше, относится россыпь по пади **Калазырга**, расположенная в 4,5 км к северо-востоку от с. Явленка и в 19 км к северо-востоку от с. Калга, Калганский район. Открыта в 1891 году золотодобытчиками Нерчинского горного округа. О прежней добыче данных нет. За 1969–1975 гг. добыто 106 кг Au. Россыпь современная, аллювиальная, террасовая, открытая, лентообразная, сплошная, с неравномерным распределением золота в плане и по разрезу. Пески промывистые. Мощность торфов 1–7 м (ср. 3,5 м). Плотик коренной волнистый – граниты, гранодиориты верхнеюрские. Пески галечные с примесью гравия, с песчаным заполнителем буро-желтого цвета. Золото мелкое, окатанное и полуокатанное, иногда остроугольное. Размер зерен 0,1–30 мм. Пробность золота 870. ТКЗ ЧГУ 13.02.1969 г. были утверждены балансовые запасы по категориям $A + B + C_1$ песков 256 тыс. м^3, золота 241 кг (среднее содержание 0,939 г/м^3). Перспективными для прироста запасов являются II надпойменная терраса и боковые притоки ручья Калазырга.

В Нерчинско-Заводском районе Забайкальского края находится еще одна, **Чашино-Ильдиканская**, геотехногенная россыпь золота, открытая в 1873 году и интенсивно разрабатывавшаяся в прошлом. Детальные поиски и разведка ее проведены в 1979–1982 гг. Долина р. Чашино-Ильдикан имеет длину 25 км, ширину 400–1600 м, ясно выраженную пойму и две террасы высотой 5–7 м, 10–12 м над уровнем реки. Мощность рыхлых отложений 4–9 метров. Коэффициент вскрыши 3. Распределение золота неравномерное, пески промывистые. Пробность золота 884 и 915. Россыпь линейной формы, не выдержана по ширине. Разведано два полигона. Колебания содержаний золота в пробах составляли 24–2000 мг/м^3. Золото мелкое, окатанное, полуокатанное, каплевидной, удлиненной формы, ситовый анализ золота (в %): частиц размером 0,1–0,3 мм – 20,64; 0,3–0,5 мм – 56,58; 0,5–1,0 мм – 15,4; 1,0–3,0 мм – 6,86; 3,0–5,0 мм – 0,52. Запасы на момент окончания разведки по категории C_1 – песков 6126 тыс. м^3 (совместно с участком Казенный Ильдикан) и 1353 кг золота со средним содержанием его 229 мг/м^3. Мощность песков – 4,5 метра. На 01.01.1991 г.

оставалось балансовых запасов по категории C_1 – 4953 тыс. м^3 песков при мощности их 4,5 м, 1026 кг золота. Резервные прогнозные ресурсы по категории P_1 определены в 34 кг.

В Нерчинско-Заводском районе находится **Кудеинская россыпь** золота. Она расположена в 73 км к северо-востоку от с. Аргунск. Открыта в 1859 году в пади Кудея (левый приток р. Уров) и пади Боровая (правый приток р. Кудея) штабс-капитаном И.И. Кокшаровым. По его подсчетам запасы Au составляли 2,5 тонны. С этого времени в районе и началась добыча россыпного Au и усиленные его поиски. Разведка уже частично отработанного месторождения проведена в 1976–1980 годах. Россыпь аллювиальная долинная. Представлена тремя участками: Уров, Федоровский и Кудея. Размеры участков, соответственно, 2213х65, 10 839х56, 1990х21 м. Запасы по участкам распределяются соответственно (%): песков – 35, 63, 2, Au – 25,4, 69,2, 5,4. Средние содержания по участкам (мг/м^3): 710, 838, 1466. Участки пригодны для открытой раздельной отработки. Золотоносные россыпи приурочены к отложениям пойм рек Уров и Кудея. Ширина пойм 150–300 м. Продуктивный пласт длиной 15 042 м, шириной 10–126 м (ср. 60 м), мощность 0,4–2,6 м (ср. 1,2 м). Торфа мощностью 0,4–6,2 м (ср. 3,4 м). Коэффициент вскрыши 2,9. Горные породы плотика – известняки, сланцы нижнего кембрия, граниты, гранодиориты каменноугольного возраста. Золотоносный пласт приурочен к низам горизонта галечников и верхней части коренных пород. Ширина пласта 10–140 м, на участках расширения отмечаются струи. Содержание Au в плотике 1422 мг/м^3. Пески: галечники, песчано-галечниковые отложения с примесью глинистого материала, щебня, дресвы. Гранулометрический состав (%): частицы > 200 мм – 1,4; 100 мм – 6,9; 50 мм – 8,9; 25 мм – 11,3; 15 мм – 7,8; 100 мм – 13,9; < 10 мм – 49,8. Распределение золота неравномерное, среднее значение пробности 753. Форма золотин пластинчатая, округлая, вытянутая, комковидная, реже амебообразная. Au полуокатанное, реже окатанное, ситовой анализ золота (%): < 0,1 мм – 1,1; 0,1–0,3 мм – 22,5; 0,3–0,5 – 57,2; 0,5–1,0 мм – 20,2; 1,0–3,0 мм – 5; 3,0–5,0 мм – 6,9. ТКЗ «Читагеология» (1980 г.) утвердил балансовые запасы по пескам катего-

рии C_1: 1087 тыс. м^3; C_2 – 40 тыс. м^3, забалансовые 881 тыс. м^3; Au (кг) – C_1 – 866; C_2 – 45, забалансовые 220. При понижении кондиций на металл в верховьях долины и по боковым притокам возможно значительное увеличение промышленных запасов Au.

В **Аркиинском** рудном узле находится россыпь золота **Камара-Кырэн,** расположенная в Нерчинско-Заводском районе в 46 км к северо-востоку от с. Нерчинский Завод, в 154 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Приаргунск. Открыта в 1831 году старателями. Россыпь пойменная, в долине прерывается ямными отработками. Данных о добыче золота в XIX веке не имеется. В 1983 году запасы признаны резервными. Россыпь аллювиальная, долинная, современная, открытая, лентообразная. Выделено три участка. Первый из них имеет длину 271, ширину 39,6 м и содержит от общих запасов месторождения: песков – 30,5%, золота – 40,4%; второй – 255 м и 20,8 м; запасов – 17,2% и 10,5 %; третий – 874 м и 22,1 м; запасов – 52,3% и 49,91%. Общая длина пласта 1500 м, средняя ширина 24 м, мощность 0,9 метра. Пласт прерывистый с неравномерным содержанием золота в плане и по разрезу. Средняя мощность торфов – 4,3 метра. Плотик коренной и сложен валунистым гравелитом и песчаником реннемелового возраста. Пески – гравийно-галечные с песком и примесью глины. Золото мелкое, среднее, хорошо окатанное и полуокатанное, пластинчатое, колечковидное. Балансовые запасы по категории C_1 были утверждены ТКЗ «Читагеология» 09.08.1983 г.: песков 31 тыс. м^3, золота – 48,83 кг при среднем содержании 1,57 г/м^3. Прогнозные ресурсы в вершине ручья Кэрэн по категории P_1 определены в 146,6 кг.

Будюмканская россыпь имеет следующие характеристики. Протяженность – 4950 м, ширина – 87 м, мощности торфов – 2,5 м, пласта – 1,3 метра. Первичное содержание золота составляло в среднем 2000 мг/м^3, остаточное до последней разработки – 872 мг/м^3. Линейная продуктивность составляла 103 кг/км, пробность – 866. Гранулометрический состав золота (%): < 0,1 мм – 1,9%; +0,1...–0,25 мм – 21,8; +0,25 ...– 0,5 мм – 42,7; +0,5 ...–1,0 мм – 33,1; >1,0 мм – 0,5%. В среднем золотины имеют крупность менее 0,5 мм (66,4%).

Лугиинская россыпь, отрабатывавшаяся с 1848 года семь раз, характеризуется следующими параметрами. Протяженность ее при ширине 119–144 м составляет 9850 метров. Первоначальное содержание золота составляло 3000 г/м^3, остаточное до последней отработки в разных частях – 542–686 г/м^3, линейная продуктивность – 383 кг/км. Пробность золота – 909. Гранулометрический состав золота (%): < 0,1 мм – 6; +0,1...–0,25 мм – 20,5; +0,25 ...– 0,5 мм – 34,7; +0,5 ...–1,0 мм – 24,9; 1 ... 2 мм – 6,5; > 2,0 мм – 7,4. Среднее содержание золотин крупностью менее 0,5 мм – 61,2 %.

К числу геотехногенных первично-аллювиальных относится также россыпное месторождение **Большой Зерентуй**. Оно расположено в Нерчинско-Заводском районе. Открыто в 1890 году и периодически разрабатывалась. В 1962–1967 гг. разведано Горно-Зерентуйской экспедицией ЧГУ. Протяженность р. Большой Зерентуй 28 километров. Долина ее хорошо разработана, ширина 400–1000 метров. Выделяются три надпойменные террасы. Отложения террас слабо золотоносны. Золотоносный пласт приурочен к нижней части слоя галечников и к верхам элювия коренных пород. Россыпь в верхней части имеет три струи, в нижней сужается и переходит в одну вытянутую полосу. Золотоносный пласт имеет длину 7008 м, ширину 40–100 м (ср. 85,4 м), мощность 1,5–3,5 м (ср. 2,5 м). Площадь 617 900 м^2. Торфа представлены песчано-глинистыми отложениями с прослоями ила, дресвы и щебня или гальки и редкими валунами. Они золотоносны и содержат Au – от знаков до десятков миллиграммов на кубометр. Плотик представлен эффузивными породами мелового возраста: туфами, фельзит-порфирами и четвертичными базальтами, андезитами. Золото в плотике – от единичных знаков до сотен миллиграммов на кубический метр, что указывает на залегание россыпи непосредственно на коренном источнике металла. Пески сложены галечниками с примесью гравия, сцементированы песчано-глинистым материалом. Валунистость незначительная (3–5 %). Гранулометрический состав песков (%): частиц < 10 мм – 48,8; 10–15 мм – 9,1; 16–20 мм – 12,2; 21–50 мм – 15,4; 51–80 мм – 8; 81–100 мм – 3,5; > 100 мм – 3.

Наряду с золотом в россыпи встречаются циркон, ильменит, сфен, пирит, магнетит, монацит, шеелит. Ситовой анализ Au (%): частиц размером 0,1–0,3 мм – 20,06; 0,3–0,5 мм – 40,4; 0,5–1,0 мм – 30,55; 1,0–3,0 мм – 8,99. Золото мелкое, в основном окатанное, есть полуокатанное, реже остроугольное. Золотины лепешко-, комко-, дендритовидные. Цвет золотисто-желтый. Среднее содержание золотин крупностью менее 0,5 мм – 60,46 %. Содержание 125–250 мг/м^3, пробность Au 919. Балансовые запасы по категории C_1 песков – 126 тыс. м^3, Au – 1353 кг (при среднем содержании 261 мг/м^3), пробность 884. На 01.01.1991 г. числилось балансовых запасов по категории C_1 песков – 4953 тыс. м^3, Au – 1026 кг.

К числу террасово-долинных геотехногенных относится россыпь **Бошагоча**, расположенная в Газимуро-Заводском районе. Открыта в 1876 году золотопромышленниками Нерчинского горного округа. Переоценена в 1976 году Н.П. Самохиным, ЧГУ. Разрабатывалось с 1880 по 1937 год и с 1993 года. Данных о добыче Au в прежнее время нет. С 1993 по 1994 год добыто 18 кг Au. Россыпь современная, аллювиальная, долинная, открытая. Выделены три участка: 1 – долина ручья Топкин (терраса) и нижняя часть долины р. Бошагоча – длина 2,6 км, ширина 20–311 м; 2 – верхняя часть долины р. Бошагоча – 5,5 км, 29–78 метров. Общая длина пласта 8100 м, средняя ширина 72 м, мощность – 1 метр. Пласт прерывистый, распределение Au в плане и по разрезу неравномерное, пески промывистые. Пробность Au 898. Мощность торфов 1,5–10,5 м (средняя 3,1 м). Плотик коренной, валунистый песчаник. Пески – гравийно-галечные отложения с песчано-глинистым заполнителем и элювий коренных пород. Золото мелкое (75 %), среднее (20 %), изометричные золотины (68 %) и уплощенные (31 %). Неокатанное (20 %), полуокатанное (60 %), окатанное (20 %). Среднее содержание золотин крупностью менее 0,5 мм – 76 ,46 %. Золотисто-желтый цвет с зеленоватым оттенком. ТКЗ «Читагеолкома» 13.03.1997 г. утверждены балансовые запасы по категории C_1 песков – 590 тыс. м^3, Au 323 кг (среднее содержание 0,547 г/м^3). Прирост запасов возможен за счет левой террасы р. Бошагоча.

На территории **Агинского рудного района** в 29 км к северо-западу от пос. Агинское находится **Челутайское** месторождение россыпного золота. Оно было открыто и частично отрабатывалось в первой половине XIX века старательским способом небольшими разрезами и ямами. Впервые переоценено и разведано в 1991–1992 годах Западной гидрогеологической экспедицией ПГО «Читагеология» (А.В. Кузнецов). Описание приводится по А.В. Кузнецову [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Месторождение состоит из россыпей, локализованных в долине одноименной речки и ее притоков: Цаган-Челутай, Верхний Бомботуй и Шамар. Россыпь аллювиальная, однопластовая, мелкозалегающая, четвертичного возраста. Продуктивный пласт находится в составе аллювиальных долинных отложений мощностью 5,0–6,0 м, редко до 10,0 метров. Рыхлые отложения представлены среднегалечниковым горизонтом с гравийно-песчано-глинистым заполнителем мощностью до 4 м, перекрытым песчано-илистыми наносами мощностью 3–5 метров. Элювиальные отложения, развитые повсеместно, сложены мелким щебнем с суглинистым заполнителем. Плотик сложен коренными трещиноватыми апоалевролитами и апопесчаниками агинской свиты нижнего триаса. Золотоносный пласт приурочен к низам аллювиального горизонта и элювию. Мощность пласта от 0,5–2,5 м, в среднем – 1,20 метра. Ширина россыпи – 50 метров. Содержание крупной гальки до 15–20%, глинистых частиц в среднем 5%. Промывистость песков легкая, участками до средней. Содержание золота достаточно высокое: по блокам до 4,86 г/м^3, в отдельных пробах 24,1 г/м^3. Золото полуокатанное (77%), комковидное до толстотаблитчатого, среднего и крупного классов. Окатанное (17,9%) в классе 0,3–0,5 мм. В скважинах встречались самородки весом до 290 мг, при отработке в 1992 г. – более 300 граммов. Наличие в основной массе крупного комковидного золота при легкопромывистых песках обусловило применение традиционной схемы бульдозерно-скреперной системы с промывкой песков на шлюзовых приборах. Коэффициент вскрыши по месторождению 3,5. Разведанные по состоянию на 01.01.1993 г. запасы категории

C_1+C_2 составляли 620 кг, при среднем содержании 1,3 г/м^3. С 1992 года отрабатывалось старательской артелью «Ингода», в 1992–1993 гг. добыто 107 кг. По состоянию на 01.01.2002 г. отработано около половины разведанных запасов.

На территории Агинского, Могойтуйского и Дульдургинского районов известны также золотоносные россыпи Бахарчин, Джармагатай, Славянка, Талый – Нулывер, Шиногда, Иля, Дыбыксинское.

В **Читинском рудном районе**, в бассейне р. Кручина находится одна из крупных золотороссыпных систем. Здесь расположена **Кручининская** золотоносная россыпь. Она находится в Читинском районе в 38 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Атамановка. Открыта в 1892 году предпринимателями братьями Шумовыми. Месторождение отрабатывалось до 1917 года. Было добыто 4–4,9 тонны золота. Россыпь мелкозалегающая, пойменная, линейно вытянутая, прерывистая по простиранию. Мощность торфов колеблется от 3,5 до 5,2 метра. Коренные источники золота – предположительно зоны сульфидной минерализации в пределах Кручина-Ундургинского разлома с содержаниями 0,01–0,03 г/т, а также золото-сульфидно-кварцево-флюоритовые жилы в верховьях р. Кручины и в долине пади Большая Зубкоша (бывший прииск Веселый). На месторождении выделяются следующие продуктивные участки: Большая Зубкоша, Кручина, Верхний Стан, Кутанга, Осенняя. Длина продуктивных пластов на участках колеблется от 650 до 11 500 м, ширина – от 27 до 109 м, мощность пластов – от 0,5 до 1,2 м, содержание золота в продуктивных пластах – от 0,46 до 17,78 г/т. Детальная разведка в 1974 (В.И. Сороченко) и 1995 годах (С.К. Хозеев). Балансовые запасы C_1 на 1999 г. составляли 640 кг. Значительные запасы связываются с потерями при добыче в течение ста лет. Россыпь представляет собою типичный пример геотехногенного месторождения. Коренные источники могут быть вскрыты в верхнем течении р. Кручина.

В этом районе известны также **Оленгуйское** и **Сыпчугурское** россыпи золота.

Крупная система геотехногенных месторождений россыпного золота с XIX века отрабатывается по р. **Тура** и ее притокам,

входящих в состав Тура-Илинского (Оленгуйского) рудного района Карымского, частью Читинского административных районов Забайкальского края. Здесь известны золотоносные россыпи **Андреевка, Большая Дабиха, Боровушка, Волакатуй, Верхний и Нижний Шара-Горохоны, Спорный** и др. На р. Тура добыча производилась дражным способом.

В Кыринском районе Забайкальского края россыпная золотоносность была открыта на реках **Бальджа, Киркун. Тырино-Бырцинская группа** россыпей известна по речкам Нукены, Хайластуй, Баян-Зурга, Хамара, Иля и другим. Россыпи по этим рекам отрабатываются и в начале XXI века артелью Бальджа и другими.

Крупные и богатые россыпи, открытые в бассейнах рек Черный и Белый Урюм в середине XIX века, отрабатываются поныне. Это россыпи по рекам Большая Кудеча и Желтуга, в XXI веке отработка ведется дражным способом. Здесь же находятся россыпи по падям **Маревастая и Давенда.** Крупные россыпи известны на реках Амазар, Горбица и многих других.

В Каларском районе в 128 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Новая Чара расположена **Китемяхтинская** золотоносная россыпь. Она открыта в 1928 году старателями. Россыпь пластовая многоструйная. Длина россыпи 9800 м, ширина 12–140 метров. Средняя мощность торфов – 3 метра. Плотик представлен раннепротерозойскими гранитами, гранито-гнейсами, позднепалеозойскими гранодиоритами. В пределах россыпи выделяется семь продуктивных участков: Палатка, Центральный, Золотой-Аикта, Верхний Чукакит, Нижний Чукакит, Серпантинный, Аихта. Коренные источники золота выступают на склонах и днищах долины р. Китемяхта и представлены зонами гидротермально-измененных пород, участками содержащие до 14 г/т золота. Золото мелкое, содержание – от знаков до 13,78 г/м^3. В 1928–1941 гг. артелью старателей «Прииск XI лет Октября» добыто 6400 кг металла. В 1941–1984 гг. месторождение находилось на консервации. В 1985 году производились поисково-оценочные работы (Е.И. Недоря), в 1995 – детальная разведка (Г.Е. Маркевич). С 1995 года ведется отработка месторождения. Балансовые запасы на 25.04.1997 г. по категории C_1 составляли

453,1 кг. Учитывая сложные горно-геологические условия эксплуатации россыпи следует предполагать значительные потери в хвостах и проведение повторной разведки и отработки её как геотехногенного месторождения.

В Республике Бурятия по состоянию на 01.01.1999 г. запасы россыпного золота составляли 30% от числящихся на государственном балансе. Общее число россыпных месторождений – 306. Они сосредоточены в шести золото-россыпных районах (табл. 10.6).

Таблица 10.6

Золотороссыпные районы и число россыпных месторождений в них

№ пп.	Название района	Число месторождений
1.	Северо-Байкальский	18
2.	Муйский	35
3.	Баунтовский	177
4.	Джилинда-Кыджимитский	1
5.	Ямбуй-Абага-Толутайский	5
6.	Джидинский	12

Основная часть всех россыпных месторождений разрабатывается или готовится к разработке. Россыпные месторождения в Республике Бурятия в основном (79%) мелкие, с запасами менее 200 кг. Средние по запасам месторождения составляют 21%. Крупные россыпи с запасами более 2500 кг отсутствуют. В отличие от Забайкальского края географо-экономические условия отработки золотоносных россыпей в Республике Бурятия гораздо сложнее и требуют разработки специальных жестких критериев рентабельной добычи металла. Для разных золотороссыпных районов они различаются, что связано с горнотехническими условиями их разработки и запасами. К числу горнотехнических условий относятся: коэффициент вскрыши, наличие инфраструктуры, ЛЭП, дороги, длительность промывочного сезона, трудовые ресурсы. Оценка минимального промышленного содержания золота для разных районов дана в табл. 10.7.

Таблица 10.7

Оценка минимально-промышленного содержания золота в россыпях на территории Западного Забайкалья.
По материалам [Золото Бурятии, 2004]

Коэффициент вскрыши	Золотоносные районы и минимально-промышленное содержание золота, г/т		
	Северо-Байкальский и Муйский	Баунтовский, Джилинда-Кыджимитский и Восточно-Саянский	Ямбуй-Абага-Толутайский, Кондинский и Джидинский
5	1.54	1.38	0.97
6	1.59	1.43	1.15
7	1.63	1.48	1.20
10	1.77	1.63	1.35
30 (г/м^3)	2.70	2.62	2.31

На территории Республики Бурятия известны россыпи, не рентабельные для отработки в современной экономической ситуации. В случае ее улучшения они могут быть востребованы. Ресурсы таких месторождений предложено называть потенциальными (Золото Бурятии, 2004). Суммарные потенциальные ресурсы таких золотоносных россыпей приведены в табл. 10.8 для золотороссыпных районов.

10.1.6.8. Новые типы экзогенных месторождений золота.

Классические долинные и террасовые россыпи золота, выходящие на дневную поверхность, в большинстве своем открыты и отработаны, и на протяжении полувека происходит их повторная отработка. Все они, как сказано выше, относятся к категории геотехногенных россыпей. Но при современной тех-

Таблица 10.8

Потенциальные ресурсы россыпного золота главных золотороссыпных районов Республики Бурятия. По материалам [Золото Бурятии, 2004]

Название района	Число россыпей	Ресурсы, т	Примеры бассейнов рек
Северо-Байкальский	17	4,2	Бол. Чуя, Няндонь, Светлая, Намама, Чая
Муйский	49	6,7	Янгуда, Келяна, Парама, Каралон, Ниж. и Верх. Орлов, Муякан, Киндикан, Тулун, Тулдунь, Бамбуйка
Баунтовский	66	12,8	Верх. Цита, Ципикан, Талая, Алкара, Горбылок, Чина, Витимкан, Амалат
Ямбуй-Абага-Толутайский	7	1,0	Ямбуй, Турка, Абага, Бол. Курба, Толутай
Джидинский	22	4,8	Мырген-Шено, Хасуртый, Модонкуль, Хайхота, Шабартай и др.
Восточно-Саянский	3	4,4	Ока, Урик, Китой
Всего:	164	23,7	

нической оснащенности золотодобывающих предприятий эти россыпи также будут в ближайшие десятилетия востребованы. Даже крупные полигоны, где возможна высокоэффективная дражная разработка, обеспечивающая месячную добычу до ста и более килограммов золота, отрабатываются за несколько лет.

При условии ежегодной добычи в Бурятии россыпного золота в количестве 2 тонн, имевшиеся по состоянию на 2004 год его запасы будут исчерпаны к 2021 году. Примерно такая

же картина наблюдается и в Забайкальском крае при условии ежегодной добычи россыпного золота порядка 6 тонн. Тем не менее, остались еще недостаточно изученные на россыпную золотоносность прежде всего северные и малообжитые горные территории Забайкалья. К ним относятся территории Тунгиро-Олекминского, Тунгокоченского и Каларского районов в Забайкальском крае и Джилинда-Кыджимитский и Ямбуй-Абага-Толутайский золотороссыпные районы в Республике Бурятия [Золото Бурятии, 2004], где следует ожидать обнадеживающие прогнозные ресурсы. Однако и они не спасут золотодобывающие предприятия на перспективу за 2050-е годы.

Поэтому чрезвычайно важным является решение задачи выявления новых промышленно генетических типов россыпей. Несмотря на то, что рассматриваемые нетрадиционные промышленно-генетические типы россыпей известны давно, методики их поисков еще недостаточно разработаны.

Одним из важных типов россыпных месторождений являются погребенные россыпи. Как показывает опыт изучения крупных погребенных россыпей, обобщенный З.Н. Киселевой [2000], одним из важных критериев их прогноза и глубинных поисков является интенсивная гидротермальная проработка зон трещиноватости коренных горных пород, вмещающих речные долины, а также и грубообломочного материала, залегающего в основаниях их разрезов. При этом важным показателем промышленной золотоносности перекрытых россыпей является эндогенная золотоносность прибортовых горных пород. Здесь важно иметь в виду, что среди погребенных россыпей встречаются как типичные аллювиальные, так и склоновые, формирующиеся в результате разрушения коренных месторождений, вскрытых эрозией на склонах речных долин.

Разновидностью погребенных и открытых россыпей являются россыпи тектонических уступов, образующиеся, как известно, в зонах прибортовых тектонических нарушений [Быховский и др., 1981]. Они формируются на границе структур с разным тектоническим режимом, например, характеризующимся опусканием одного блока и воздыманием дру-

гого. Типичные примеры таких россыпей даны на рис. 10.52. Россыпи тектонических уступов по сравнению с традиционными долинными аллювиальными россыпями стали предметом пристального внимания лишь в последние годы, хотя основные данные об условиях их образования и локализации известны сравнительно давно [Быховский и др., 1981].

В Республике Бурятия песрспективными на выявление россыпей тектонических уступов признаны прибортовые части мезозойских и кайнозойских впадин Баунтовского, Муйского, Северо-Байкальского и Джилинда-Кыджимитского золотоносных районов [Золото Бурятии, 2004]. В первом из них наиболее перспективны Ципиканская, Талойская, Алакарская, Горбылокская, Чининская, Витимканская и Мало-Амалатская впадины, во втором – Тулдуньская, в третьем – Чуйская, в четвертом – Кыджимитская, Алянгинская и Зазинская. Примерами подобных россыпей являются золотоносные россыпи ручья Безносиковского (рис. 10.53) и ручья Якша в Баунтовском золотоносном районе в юго-восточном борту Горбылокской мезокайнозойской впадины (рис. 10.54). Как видно на рис. 10.53, в разрезе отложений, заключающих золотоносную россыпь, четко прослеживаются тектонические нарушения, определяющие как место, так и элементы залегания погребенной россыпи в тектонически осложненном борту впадины. Детальное описание россыпей дано в [Золото Бурятии, 2004]. Отметим, что россыпь ручья Якша дала 3,9 тонны золота, ручья Безносиковского – 6,5 тонны.

Важным резервом для наращивания россыпной золотоносности является разработка технологии извлечения мелкого и тонкого золота. Установлено, что минимально возможная крупность извлекаемого золота на шлюзах составляет 0,1 мм, извлечение золотин размером 0,25–0,1 мм составляет всего 40–60 % (см. рис. 10.4–10.5). Поэтому проблема эта относится к одной из важнейших.

Определенный интерес как возможные источники россыпного золота представляют собой золотоносные коры выветривания, широко развитые в Забайкалье, а также так называемые «желтые разрезы» и «зеленые разрезы», характерные для

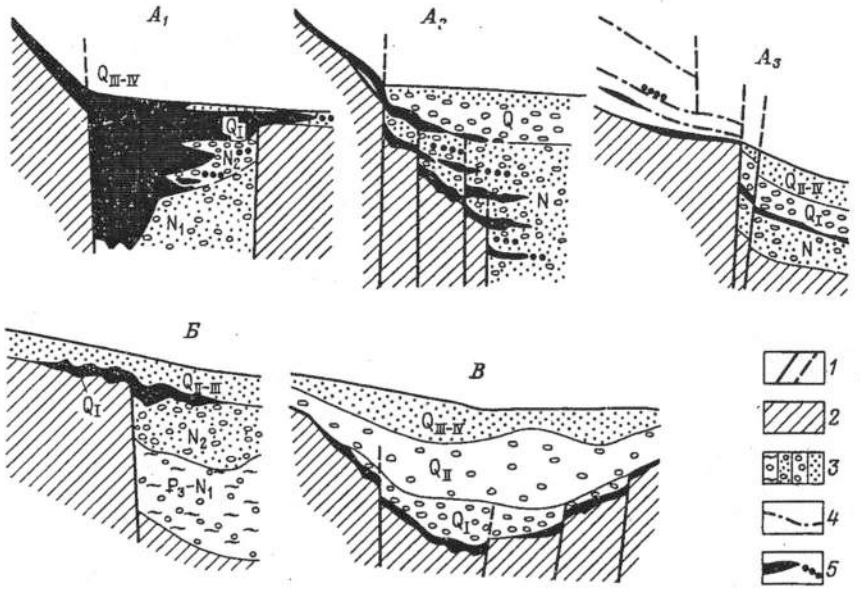


Рис. 10.52. Формы россыпей типа тектонических уступов и характер их деформаций в зоне тектонической активности. По: [Быховский и др.,1981].

А – формирование россыпи совпадает с периодом тектонических деформаций; $А_1$ – слабых устойчивых, $А_2$ – умеренных прерывистых, $А_3$ – средних и значительных по амплитуде; Б – основные деформации предшествовали формированию россыпи; В – россыпь деформирована последующими тектоническими движениями.

1 – разрывные нарушения; 2 – коренные породы; 3 – разновозрастные отложения; 4 – уровни эрозионных террас; 5 – пласты россыпей и рассеянные концентрации россыпных минералов в рыхлых отложениях.

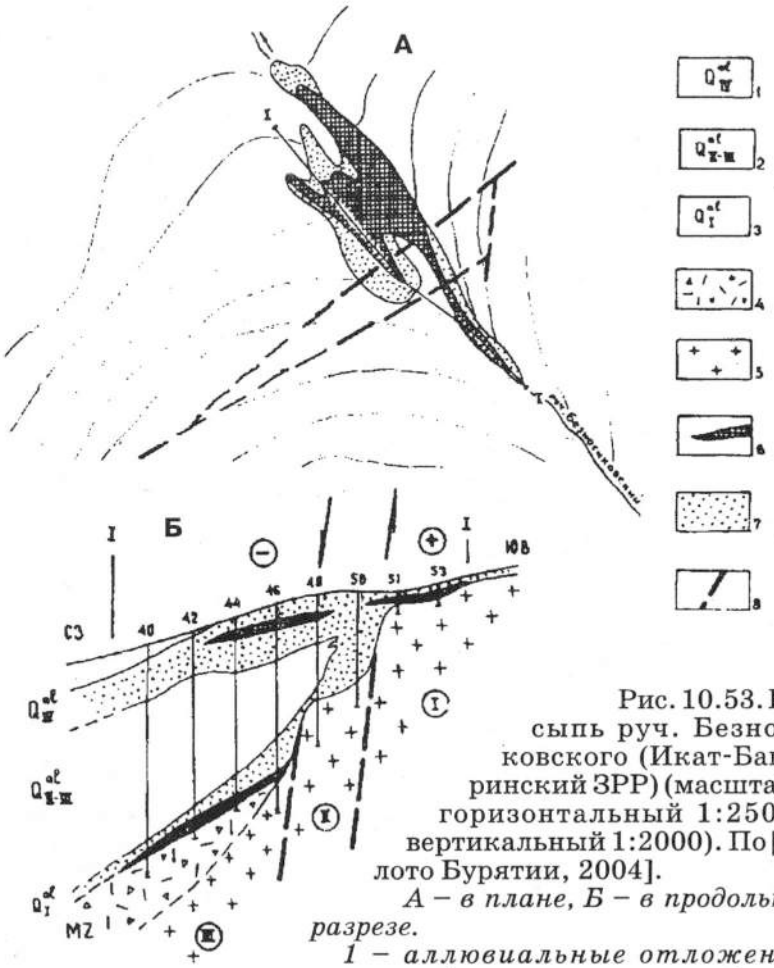


Рис. 10.53. Россыпь руч. Безносиковского (Икат-Багдаринский ЗРР) (масштабы: горизонтальный 1:25000; вертикальный 1:2000). По [Золото Бурятии, 2004].

А – в плане, Б – в продольном разрезе.

1 – аллювиальные отложения: песчано-гравийно-галечниковые с булыжником и мелкими валунами; 2 – аллювиальные и аллювиально-озерные отложение: песчано-гравийные и гравийно-песчаные с маломощными горизонтами илов, илистых песков, песков; 3 – полимиктовые галечники базального горизонта аллювия «древней» гидросети; 4 – мезозойские отложения: выветрелые дресвяники, алевролиты и конглобрекчии с прослоями мергелей; 5 – породы кристаллического фундамента; 6 – золотоносный пласт; 7 – слабозолотоносные отложения; 8 – разрывные нарушения.

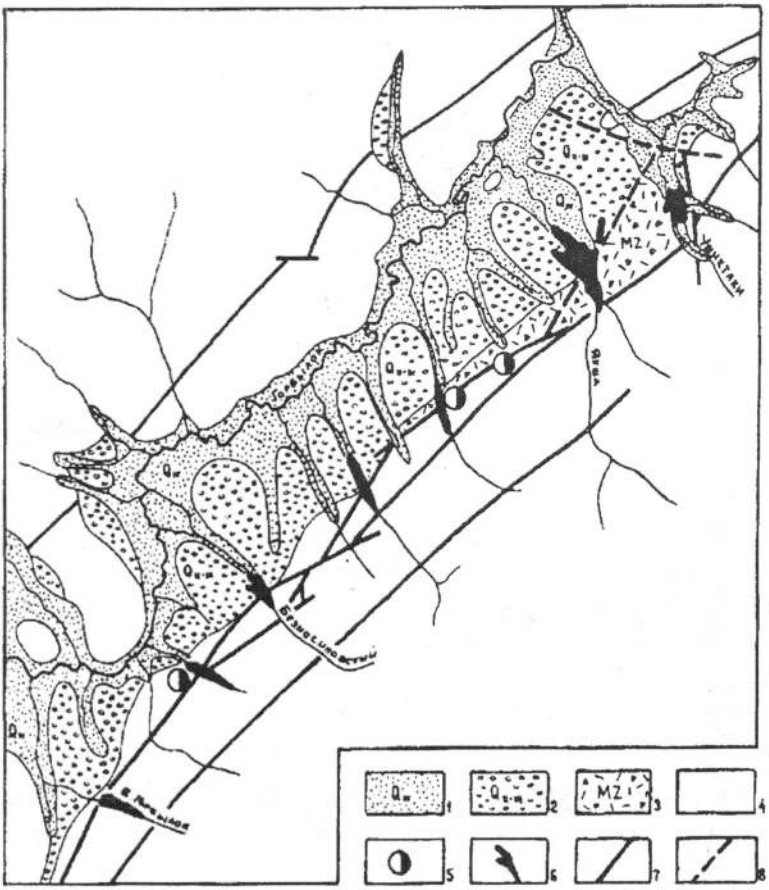


Рис. 10.54. Схематическая геологическая карта Горбылокской мезокайнозойской впадины. Масштаб 1:200000. По [Золото Бурятии, 2004].

1 – аллювиальные отложения: песчано-гравийно-галечные; 2 – аллювиальные и аллювиально-озерные отложения: песчано-гравийные и гравийно-песчаные с горизонтами илов; валунно-глинисто-галечные; 3 – мезозойские отложения: гравелиты, песчаники, алевролиты и конгломераты с прослоями мергелей; 4 – породы кристаллического фундамента: сланцы, известняки, граниты; 5 – золоторудные проявления; 6 – россыпи золота; 7 – разрывные нарушения; 8 – разрывные нарушения под мощными четвертичными отложениями.

плейстоценовых отложений в бортах мезо-кайнозойских и кайнозойских тектонических впадин. Они известны в Горбылокской, Алакарской, Верхне-Чининской, Тилойской [Золото Бурятии, 2004] и Шилкинской впадинах. В Шилкинской впадине они обнажаются в ее левом борту вдоль автодороги Шилка – Нерчинск. Россыпи кор выветривания имеют в плане линейные формы, обусловленные непосредственной связью с зонами окисления жильных и прожилково-вкрапленных месторождений золота и золото-полиметаллических руд. Согласно [Минерально-сырьевые..., 2003], только в юго-восточной части Забайкальского края выявлено 55 объектов, относящихся к золотоносным корам выветривания с суммарными прогнозными ресурсами золота более 256 т, в том числе (I): по P_1 – 7,3; P_2 – 82,7; P_3 – 186 при среднем содержании 4,1 г/т. Распределение их на площади Забайкальского края показано на рис. 10.55 , а на юго-восточной его части – на рис. 10.56. Отдельные примеры приведены ниже.

В зоне окисления Бугдаинского месторождения молибдена прогнозируется до 21,6 тонны золота при среднем содержании 3 г/т. Извлечение возможно кучным выщелачиванием. Кроме того, в окрестностях Бугдаинского месторождения прогнозируются остаточные месторождения кор выветривания «Гора Бугдая» и Аленуйского месторождения с суммарными ресурсами категории, соответственно: P_2 – 0,61 при содержании 5 г/т и P_1 – 2,7 т при содержании 6,72 г/т.

В Нерчинско-Заводском рудном районе в пределах Козулинского рудного поля, находящегося вблизи с. Нерчинский Завод, выявлены Вилотовское, Большезерентуйское, Козулинское и Поперечно-Зерентуйское проявления. Ресурсы золота категории P_1+P_2 25,78 т при средних содержаниях 3–7 г/т.

В пределах давно известной Золотоношенской площади на водоразделах рек Нижняя Борзя и Большой Зерентуй в верховьях падей Шаманка, Кержиха и других выявлена минерализованная зона мощностью до 500 м, протяженностью более 3 км. Суммарные прогнозные ресурсы золота в зоне окисления категории P_1+P_3 составляют 16,5 т при среднем содержании 4,0–6,5 г/т, в том числе категории P_1 на проявлении Шаманка – 1,5 тонны.

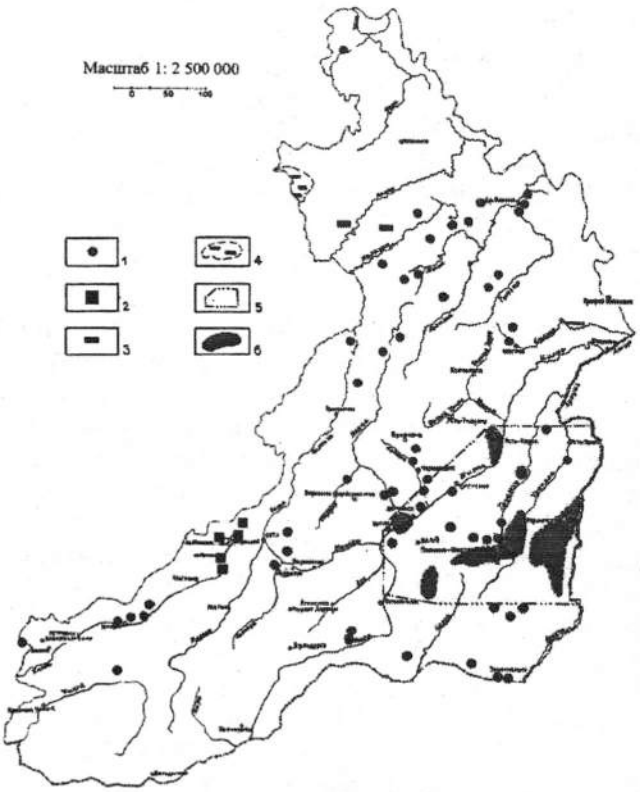


Рис. 10. 55. Схема размещения кор выветривания на территории Забайкальского края. По [Минерально-сырьевые ..., 2004].

1–4: коры выветривания, перенесенные с Карты поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР масштаба 1:2 500 000 (1971), установленные не системно при проведении разностадийных ГРР: 1 – локальные участки, открытые или залегающие под маломощным чехлом; 2 – погребенные, вскрытые глубоким бурением; 3 – недостаточно изученные; 4 – большие площади. Возраст кор выветривания: погребенные верхнемеловой; открытые палеоген-неогеновый. Мощность кор выветривания: преобладающая до 10 м, подчиненная от 10 до 25 м. Геохимический тип сиаллитный; 5 – контур площади НИР по прогнозированию золотоносных кор выветривания; 6 – площади, перспективные на высоколиквидные объекты золота в корах выветривания.

В Нерчинско-Заводском рудном поле на водоразделе падей Малый Зерентуй, Сигачи, Кинта и Заводская на горе Спасской исследованы золотоносные окисленные руды, среднее содержание золота в которых 4,0 г/т. При мощности зоны окисления 25–100 м прогнозные ресурсы золота в них категории P_1 составляют 3,6 тонны. Все поле, включающее участки горы Петропавловской, хребта Маячного, с. Ивановка, содержит окисленные золотоносные руды и может представлять собою относительно перспективный объект для добычи золота [Минерально-сырьевые ..., 2003]. В Нерчинско-Заводском рудном районе, в пределах Ильдиканской площади разведано **Савкинское** месторождение золота с утвержденными запасами около 6 т и ресурсами до 18 т, отрабатывающееся кучным выщелачиванием.

Одним из примеров промышленной значимости зоны окисления является **Амазарканское** месторождение, расположенное в Могочинском районе. Оно представляет собою кору выветривания на сульфидизированных и окварцованных гранитоидах, прорванных дайками лампрофиров. Золото находится в основном в пирите, существенная часть его высвобождена в результате окисления сульфидов. Среднее содержание золота около 2,7 г/т. Месторождение разрабатывается с извлечением золота кучным выщелачиванием. Запасы окисленных руд, разрабатывавшихся ямным способом старателями в первой половине XIX века, около 7 тонн. В 2007 году, по данным, опубликованным в газете «Забайкальский рабочий», добыто 53 кг золота. На 2008 год планировалось добыть около 200 кг. Месторождение изучено недостаточно и может оказаться крупным.

Золотоносность кор выветривания Забайкальского края еще крайне недостаточно изучена. Тем не менее, первый опыт этих работ [О.И. Широкий и др., 2001] показал, что существует ряд древних поверхностей выравнивания и связанных с ними кор выветривания: 1) мел-палеогеновый; 2) олигоцен-миоценовый; 3) позднеплейстоценовый; 4) в юго-западной части Забайкалья – позднеюрско-раннемеловые и раннемеловые. К настоящему времени сделаны лишь первые шаги к выделе-

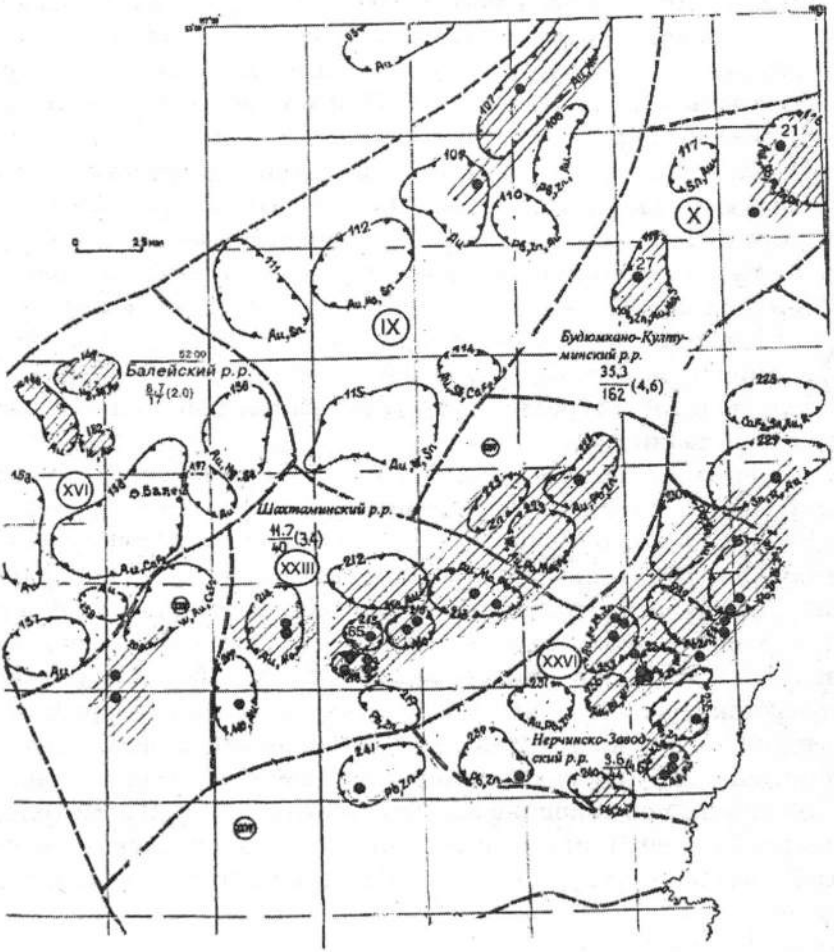


Рис. 10.56. Схематическая карта прогноза золотоносных кор выветривания и зон окисления юго-восточной части Забайкальского края.

1 – рудные узлы, их номера и металльная специализация; 2 – границы рудных районов; 3 – номера рудных районов – некоторые наиболее значимые, из них: IX – Сретенско-Карийский, X – Будюмкано-Култуминский, XVI – Балейский, XXIII – Шахтаминский, XXVI – Нерчинско-Заводский;

нию золотоносных кор выветривания на объектах с прожилково-вкрапленными рудами, занимающими значительные площади. В целом только по юго-восточной части Забайкалья спрогнозированы ресурсы золота категорий $P_1+P_2+P_3$ в количестве 275 тонн при среднем содержании 4,1 г/т. При этом прогнозируемые глубины отработки объектов от 5 до 35 м, а в отдельных случаях – до 50–60 м [Широкий и др., 2001].

Недостаточно изучены погребенные линейные коры выветривания. Например, для крупных погребенных россыпей установлено их двучленное строение. Верхний горизонт является аллювиальным, а нижний – элювиальным, элювиально-пролювиальным. Он залегает обычно на зонах золотоносной минерализации и может быть квалифицирован как линейная кора выветривания. Именно эта особенность для погребенной россыпи р. Алия была подмечена З.Н. Киселевой [2000]. Подобные образования известны в долине р. Хилкотой в Юго-Западном Забайкалье, а также в долине пади Ключевая в бассейне р. Унда. Здесь россыпь представляет собою линейную кору выветривания на золотоносной минерализованной зоне.

Несмотря на всплеск интереса к золотоносным конгломератам в Забайкалье в 1960–1970 годах [Мирчинк и др., 1956; Киселева, 1969; Файзуллин, 1967, 1968, 1970; Симонов, 1979], проблема осталась открытой. К первому десятилетию XXI века в Забайкалье лишь единственное месторождение конгломератовой формации россыпей – Каменские конгломераты имеют промышленное значение. Тем не менее, конгломераты с золотом в долине р. Шилка, тергенские конгломераты,

4 – прогнозируемые объекты золотодобычи в корах выветривания и зонах окисления – некоторые наиболее известные, из них: 21 – Лугоканское, 27 – Култуминское, 65 – Бугдаинское; 5 – площади, перспективные на золотоносные коры выветривания; 6 – ресурсы категорий $P_1+P_2+P_3$ по рудному району: числитель – руда, млн. т; знаменатель – золото, т; в скобках – среднее содержание, г/т.

конгломераты на водоразделах Борщовочного хребта, в крупных притоках р. Кручина, в бассейнах рек Тундак, Олекма и других являются явными предпосылками для возобновления поисков в них промышленной золотоносности.

При этом следует иметь в виду, что оруденение в них может быть эндогенным близповерхностным, по аналогии с надрудной зоной Тасеевского месторождения, образовавшимся как продукт грязевулканизма, сопровождавшего формирование Балейско-Тасеевской рудномагматической системы [Юргенсон, 1995, 1998]. Такие золотоносные конгломераты предпочтительно следует искать в пределах тектонических впадин забайкальского типа, формирование которых сопровождалось вулканизмом.

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами обладает золото?
2. Относится ли золото к малораспространенным химическим элементам? Почему золото относится к драгоценным металлам?
3. Назовите области использования золота.
4. Минералы и промышленные типы руд золота.
5. Перечислите главные золоторудные формации и приведите примеры месторождений.
6. Чем отличаются коренные месторождения золота от россыпных?
7. Назовите способы переработки руд золота и получения чистого металла.
8. Каковы основные месторождения золота в Забайкалье?

Литература

Основная

Бойцов В.Е., Пилепенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. Учебное пособие. – М.: НИА – Природа, 1999.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск, 1999.

Золото Бурятии. Книга 1 / П.А. Рощектаев, А.Г. Миронов, Г.И. Дорошкевич и др. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004.

Киселева З.Н. Рельеф и золотоносные россыпи Восточного Забайкалья. – Чита: Изд-во ЧитГУ, 2000.

Костромин М.В., Юргенсон Г.А., Позлутко С.Г. Проблемы дражной разработки континентальных россыпей.– Новосибирск: Наука, 2007.

Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. А.П. Лаверова. – Чита; М., 1995. – Т. 1, кн. 2.

Минеральное сырье. Краткий справочник / Под ред. В.П. Орлова. – М.: Геинформмарк, 1999.

Энциклопедия Забайкалья / Гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. – Новосибирск: Наука, 2003–2006.

Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие.– Черные и цветные металлы. – Чита: Поиск, 2006. – Ч. I.

Дополнительная

Балейское рудное поле. – М., 1984.

Бородаевская М.Б., Петровская Н.В., Андреева М.Г., Шмидт А.И. Геология, петрография и минералогия золоторудного поля Ключи в Восточном Забайкалье и оценка его перспектив // Труды НИГРИзолото. – 1957. – Вып. 22.

Быховский Л.З., Гурвич С.И., Патык-Кара Н.Г., Флеров И.Б. Геологические критерии поисков россыпей. – М.: Недра, 1981.

Гайворонский Б.А., Сергеев А.Д., Шафиков А.Х., Ершов В.В. Перспективы золотоносности Уронайского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Перспективы развития золотодобычи в Забайкалье: Межрегиональная научно-практическая конференция. Золотое Забайкалье. – Чита, 2003.

Горная энциклопедия. – М., 1986. – Т. 2.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Приаргунская. Лист M-50-V (Газимурский Завод). Объяснительная записка / Озерский

А.Ф., Кривицкий А.В., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Приаргунская. Лист М-50-IX (Калангуй). Объяснительная записка // Рутштейн И.Г., Богач Г.И., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Сер. Приаргунская. Лист М-50-XII (Нерчинский Завод). Объяснительная записка // Озерский А.Ф., Кривицкий А.В., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Игнаткин Ю.А. По диким степям Забайкалья (Очерки золота Забайкалья). – Чита, 1994.

Киселева З.Н. О генезисе золотоносной россыпи в долине р. Алии (Юго-Восточное Забайкалье) // Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. – Чита, 1971. – Вып. 9.

Краснов А.Н., Прокофьев В.Ю., Зорина Л.Д., Юргенсон Г.А., Коваленкер В.А., Трубкин Н.В. Особенности минеральных форм Au и Ag в рудах месторождения Талатуй (Восточное Забайкалье, Россия). Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения // Материалы Годичного собрания Российского минералогического общества. – С.-Пб., 2006.

Лимберова В.В., Юргенсон Г.А., Лизункин В.М., Цыбикова Р.Э. Лабораторные исследования процесса выщелачивания золота из руд Тасеевского месторождения активированным ультразвуком растворителем // ГИАБ-Забайкалье. Отд. выпуск. № ОВ4, 2007.

Лимберова В.В., Лизункин В.М., Юргенсон Г.А., Рохманова О.Н., Степанова А.И. Влияние активации ультразвуком иодидного растворителя на процесс извлечения золота из руды Тасеевского месторождения / Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии // Труды VII международного симпозиума по геологической и минерагенической корреляции в

сопредельных районах России, Китая и Монголии: 22–24 мая 2007 г., Чита, Россия. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

Лозовский В.И. Некоторые данные к поискам слепых рудных тел эпитермальных месторождений / Вопросы рудоносности Восточного Забайкалья. – М.: Недра, 1967.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. Инвестиционные предложения / Харитонов Ю.Ф., Чечеткин В.С., Шевчук Г.А. и др. – Чита: ЗабНИИ, 2003.

Тимофеевский А.Д. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного района. – М.: Недра, 1972.

Трубачев А.И. Полезные ископаемые Забайкальского края. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

Шадрин А.И., Локотко В.В. Талатуйское золоторудное месторождение // Записки Забайкальского филиала Географического общества СССР. – Вып. 69. – Чита, 1972.

Широкий О.И., Тупяков В.Е., Локотко В.В. Золотоносные коры выветривания Восточного Забайкалья: изученность, проблемы, перспективы // Новый век – новые открытия. Межрегиональная научно-техническая конференция, посвященная 40-летию ЗабНИИ. Мтериалы конференции. – Чита: ЗабНИИ, 2001.

Юргенсон Г.А., Грабеклис В.Р Балейское рудное поле / Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. Н.П. Лаверова. – Чита–М., 1995. Т. 1. Кн. 2.

Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Минералого-геохимическая методика определения рудноформационной принадлежности и оценки эрозионного среза среднеглубинных месторождений золота. – М.: Мингео СССР, 1991.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

V. Yu. Prokofev, L.D.Zorina,V.A. Kovalenker, N.N. Akinfiev,I.A. Baksheev,A.N. Krasnov, G.A. Yurgenson, and N.V.Trubkin. Composition, Formation Conditions, and Genesis of the Talatui Gold Deposit, the Eastern Transbaikal Region,Russia // Geology of Ore Deposits, 2007, Vol. 49, No. 1. – Pliades Publishing. Ltd., 2007.

10.2. Серебро.

10.2.1. Свойства.

Серебро (Ag, I, 47), металл, серебристый, мягкий, ковкий, пластичный; проявляет амфотерные свойства, халькофильный, устойчивая валентность 1^+.

Плотность 10500 кг/м^3; твердость по Бринеллю 245–250 МПа, температуры плавления 962°С, кипения – 2212; теплопроводность 429 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $1{,}59 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость $-2{,}27 \cdot 10^{-9}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $19{,}2 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$.

Серебро – токсичный элемент (II класс опасности). Обладает бактерицидными свойствами. ПДК$_в$Ag – 0,05 мг/дм^3.

10.2.2. Распространенность и запасы.

Кларк серебра земной коры 0,07 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,05, основных – 0,1, средних – 0,07, кислых – 0,05, осадочных (глинах и сланцах) – 0,1.

Естественное содержание в почвах 0,4–1,0 г/т.

Мировые общие запасы серебра (без стран СНГ) около 800 тыс. тонн, в том числе подтвержденные – 550, ежегодное производство в концентратах – 13 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – США, Япония, Индия. Россия занимает первое место в мире по запасам серебра и седьмое – по производству.

10.2.3. Области использования.

Структура потребления (%): техническое потребление, изготовление медалей и медальонов – 37,6; производство ювелирных изделий и посуды – 29,5; производство фотоматериалов – 28,7; чеканка монет – 2,9; прочее – 1,3.

10.2.4. Минералы и типы руд.

Известно 110 минералов серебра. Среди них преобладают сульфиды, сульфоарсениды, сульфоантимониды, сульфовисмутиды, интерметаллиды.

Промышленное значение имеют не более шести минералов: самородное серебро (Ag), акантит (Ag_2S, 87,1 Ag), аргентит, прустит (Ag_3AsS_3, 65,4% Ag, примесь Sb), пираргирит (Ag_3SbS_3, 59,8% Ag), фрейбергит $(Cu, Ag)_{10}Zn_2Sb_4S_{13}$, 17% Ag), другие блеклые руды, серебросодержащий галенит, электрум (Au_7Ag_{30}), кюстелит (Ag_7Au_3). В самородном серебре в качестве примесей присутствуют золото, висмут, сурьма, ртуть. Оно образует включения в галените, отдельные кристаллы и нитевидные выделения в полостях. Одна из первых находок самородного серебра в России описана Германом, о чем он сообщил в 1801 году: «...серебро самородное волосистое нахаживаемое в малейшем количестве в Новозерентуйском руднике». Последующие описания сделаны А.Д. Озерским в 1867 году в рудах Ивановского, Воздвиженского и Ново-Зерентуйского месторождений.

Промышленные типы месторождений – золотосеребряный, свинцово-серебряный, уран-серебряный, арсенидо-серебряный, серебряно-порфировый, серебряно-стратиформный. Наибольшее значение имеют золото-серебряный и свинцово-серебряный типы, связанные с риолитовыми, андезит-риолитовыми и гранит-порфировыми формами вулканоплутонических поясов и зон тектономагматической активизации. В Забайкалье – золото-серебряный, свинцово-серебряный, медистых песчаников и олово-серебряный.

По запасам серебра (т) месторождения подразделяют на весьма крупные – более 10000, крупные – 10000–2000, средние – 2000–500, мелкие – менее 500.

Особенности при поисках и разведке заключаются в применении для слабоэродированного оруденения геохимических методов по первичным ореолам серебра и изотопной геохимии кислорода, а также способа, основанного на типоморфизме халцедоновидного кварца.

Промышленные руды коренных месторождений – серебряные, золото-серебряные, серебро-свинцовые, серебро-свинцово-цинковые, серебряномедные, серебро-медно-цинковые, сереброполикомпонентные, медистые песчаники, олово-серебряные.

По содержанию серебра (%) коренные руды подразделяют на богатые – 0,1–0,08, средние – 0,08–0,06, бедные – 0,06–0,005.

По поведению в технологических операциях частицы серебряных минералов в измельченных рудах делят (мкм) на крупные – более 70, мелкие – от 5 до 70, тонкодисперсные – менее 5. По содержанию сульфидов (%) выделяют малосульфидные руды – до 5 и существенно сульфидные – от 5 до 80.

10.2.5. Добыча и переработка руд.

Разработку месторождений осуществляют преимущественно подземным способом, в штокверковых месторождениях комплексных руд – открытым.

Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением комбинированных технологий (гравитация, флотация, цианирование).

Извлечение серебра из руд различных типов составляет 85–92% при содержании его в концентрате более 6 кг/т. Вредные примеси в концентрате – оксиды марганца и железа, сульфиды мышьяка, селениды, углистые вещества.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают свинцовые, медные и другие концентраты и продукты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 50–80%.

Серебросодержащие концентраты перерабатывают металлургическими способами.

Товарный продукт (серебро в слитках) содержит серебра 99,9954. Сопутствующие элементы (золото, таллий, индий и другие), содержащиеся в концентратах, переходят в сплавы (золото), пыли (таллий, индий и др.), из которых их извлекают металлургическим и гидрометаллургическим способами.

В слитках серебра обычно присутствуют золото, платина, палладий, железо, свинец, висмут, теллур в виде незначительных примесей.

10.2.6. Месторождения серебра в Забайкалье.

На государственном балансе запасов в Забайкальском крае серебро числится в 23 объектах. Его запасы позволяют добывать этот металл в больших количествах. Важным источником серебра остается Тасеевское месторождение, при отработке которого возможно получить попутно порядка 100 тонн серебра.

Серебро как важный попутный компонент добывалось и будет добываться из руд полиметаллических месторождений Приаргунья. Наибльшее количество его присутствует в рудах Спасского месторождения (порядка 217 т). Выше при рассмотрении месторождений олова приведены сведения о Безымянном месторождении комлексных руд. Запасы серебра в этом месторождении оценены в количестве 95,4 тонны. Значительны запасы серебра в рудах Бугдаинского месторождения молибдена, составляющие более 1700 тонн. Суммарные запасы серебра в Забайкальском крае по состоянию на 01.01.2006 г. составляют 16489 тонн. Минерально-сырьевой потенциал серебра оценивается в 181381 млн. рублей. В Республике Бурятия серебро попутно извлекается в основном из руд Зун-Холбинского месторождения. С 2001 по 2006 год добыто 32959 кг серебра. В среднем добывалось от 4666 кг (2004 г.) до 6600 кг (2006 г.).

В **Балейском** и **Кукульбейском** рудных районах выявлены многие проявления серебряной минерализации, которые приурочены к кварцевым жилам и зонам тонкопрожилкового окварцевания и брекчирования среди разновозрастных гранитоидов и осадочных пород нижней юры. Содержание серебра в них колеблется от 1,5–10 до 100 г/т, нередко в ассоциации с золотом, свинцом, цинком, мышьяком. Серебро присутствует

во всех геохимических аномалиях золоторудной специализации, нередко занимая ведущее место в спектре элементов. Содержание его колеблется от 0,1 до 0,9 г/т во вторичных аномалиях и от 0,1 до 5080 г/т в первичных. Наиболее заметно серебряная минерализация проявилась в пределах Тургинского рудного узла.

Серебро, наряду с золотом, – основной полезный компонент **Кирченовского** месторождения, где его среднее содержание в рудных телах составляет 84,4 г/т. Главными минералами серебра на месторождении являются серебро самородное, аргентит, кераргирит, пираргирит, фрейбергит.

Месторождение **Гурулевское,** находящееся в составе Покровского рудного узла Нерчинско-Заводского рудного района, локализовано в доломитизированных известняках белетуйской свиты вблизи контакта с кварцевыми монцодиоритами шахтаминского комплекса. Рудные тела приурочены к контактам даек гранит-порфиров и лампрофиров, имеют северо-восточную ориентировку, протяженность 200–300 м по простиранию и 100–330 м по падению при мощности 0,48–0,9 метра. Основные рудные минералы: пирит, арсенопирит и пирротин. Золото концентрируется в пирите. Содержание золота – 4,17 г/т, мышьяка – 7,45–8,46%, серебра – 17,5 г/т, меди – 0,21%, свинца – 0,46%, цинка – 0,26%. Месторождение ранее отрабатывалось как свинцово-серебряное, затем как золото-мышьяковое, а в 1941 г. было законсервировано. Запасы категорий C_1+C_2 золота – 2,1 т, мышьяка – 40 тыс. т, серебра – 8,9 тонны.

Наседкино, месторождение золота и серебра. Находится в Могочинском рудном районе, в верховьях р. Малый Урюм. Открыто Франко Редовеем в 1910–1911 годах. Поисково-оценочные работы проведены Восточной ГРЭ ПГО «Читагеология» в 1976–1980 годах. Рудные тела двух типов: прожилково-вкрапленная залежь и линейные жилообразные минерализованные зоны. Все промышленные (согласно оценочным кондициям) рудные тела не имеют четких границ и выделены в пределах минерализованных зон на основании опробования. Руды золото-сульфидно-кварцевые, частью золото-сульфидные. Главные рудные минералы – пирит, арсенопирит, халькопирит, халькозин, золото, аргентит, сульфосоли меди, сурьмы, серебра,

мышьяка; в окисленных – гетит, гидрогетит, скородит, малахит. Первичные руды содержат золото 2,2 г/т, окисленные – 3,4 г/т. Среди попутных компонентов повышенными содержаниями отличаются серебро (6,8 – 18 г/т) и медь (0,31 – 0,6%). Вредные примеси представлены мышьяком и сурьмой (в сульфосолях). Приняты к сведению запасы золота по категории C_2 7,796 т и серебра 41,1 т, также меди – 5,5 тыс. т с содержаниями, соответственно: 2,6 г/т, 13,7 г/т и 0,19%.

Как попутный компонент серебро присутствует в месторождениях меди. Наиболее крупные запасы серебра сосредоточены в рудах Удоканского месторождения меди, рассмотренного в разд. 8.3.1.6. Они составляют, как уже указано, 14,4 тыс. тонн при среднем содержании 12 г/т. В рудах Бурпалинского месторождения меди содержание серебра значительно выше, чем Удоканского, и они вносят существенный вклад в общий баланс его запасов. В Сюльбанском месторождении медистых песчаников серебро содержится в концентрациях 0,03–50 г/т и может быть извлечено в случае его разработки. В рудах Лугоканского золото-медного месторождения содержание серебра варьирует в пределах 2,9–36 г/т, а запасы составляют 2409 тонн. В рудах Быстринского месторождения среднее содержание серебра – 10,7 г/т при прогнозных ресурсах руды 245 млн. т, в Култуминском месторождении – 5,4 г/т при прогнозных ресурсах руды – 240 млн. тонн. В целом по Газимурской зоне медно-порфировых месторождений общие запасы серебра составляют порядка 9000 тонн [Трубачев, 2007].

Кроме того, серебро должно извлекаться попутно при переработке руд медно-молибденовых и золоторудных месторождений. Например, существенные запасы серебра (более 500 т) находятся в рудах **Зун-Холбинского** месторождения. Средние содержания его варьируют в пределах 2,5–77 г/т. В рудах **Зун-Оспинского** месторождения золота запасы серебра категорий $C_1 + C_2$ составляют 152,5 т, а ресурсы категорий $P_1 + P_2$ – 4298 тонн. Сведения о добыче приведены выше.

В некоторых вольфрамовых, в частности кварц-сульфидно-гюбнеритовых (Холтосонское, Антоновогорское, Бом-Горхонское), серебряная минерализация также может иметь

промышленное значение. В сульфидных концентратах этих месторождений содержание серебра достаточно для попутного извлечения из руд.

Возможным источником серебра может быть прогнозируемое месторождение золота в правобережье нижнего течения р. Холой, в окрестностях с. Романовка в Бурятии, связанное с дайковым комплексом гибридных лампрофиров, содержащих сульфиды. Эти пиритоносные лампрофиры, вскрытые в карьере добычи стройматериалов на правом берегу р. Витим, прослеживаются на его левый берег, выходя на дневную поверхность в коренном залегании. О содержании серебра, цинка и свинца в сульфидах свидетельствуют обильные выходы различных сульфатов, в частности, алунитов, обогащенных этими рудными элементами [Юргенсон, 2005] в правом берегу р. Холой на так называемой Белой горе. Выпоты сульфатов образуют натеки на песчаных отложениях, слагающих берег этой реки, и заключенных в них окаменевших стволах кедров третичного возраста.

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами обладает серебро?
2. Относится ли серебро к малораспространенным химическим элементам?
3. Назовите области использования серебра.
4. Минералы и промышленные типы руд серебра.
5. Назовите способы переработки руд серебра и получения чистого металла.
6. Каковы основные месторождения серебра в Забайкалье?

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Юргенсон Г.А., Чечеткин В.С., Асосков В.М. и др. – Новосибирск, 1999.

Константинов М.М., Стефанович В.В., Зеленов В.И. Минеральное сырье. Серебро / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. – М.: Металлургия, 1976.

Минеральное сырье: Краткий справочник / Под ред. В.П. Орлова. – М.: Геоинформмарк, 1999.

Серебро (геология, минералогия, генезис, закономерности размещения месторождений) / Сидоров А.А., Константинов М.М., Еремин Р.Е. и др. – М.: Наука, 1989.

Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие. – Черные и цветные металлы. – Чита: Поиск, 2006. – Ч. I. Кн. 1.

Дополнительная

Балейское рудное поле. – М., 1984.

Вартанян С.С., Щепотьев Ю.М., Чанышев И.С. Серебро / Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы. – М.: ЦНИГРИ, 1993.

Константинов М.М. Геолого-промышленные типы месторождений серебра зарубежных стран. – М.: ВИНИТИ, 1982.

Трубачев А.И. Полезные ископаемые Забайкальского края. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

Юргенсон Г.А. Методические рекомендации по изучению и использованию типоморфизма халцедоновидного жильного кварца при поисках и оценки месторождений малоглубинной золото-серебряной формации. – Чита-Москва, 1988.

Юргенсон Г.А., Грабеклис В.Р. Балейское рудное поле / Месторождения Забайкалья. Под ред. акад. Н.П. Лаверова. – Чита–М.: Геоинформмарк, 1995. – Т. 1. Кн. 2.

Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2005.

Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Минералого-геохимическая методика определения руднoформационной принадлежности и оценки эрозионного среза среднеглубинных месторождений золота.– М.: Мингео СССР, 1991.

10.3. Металлы платиновой группы (МПГ).

10.3.1. Общие данные.

К МПГ относят шесть элементов VIII группы периодической системы: рутений (атомный номер 44), родий (45), палладий (46), осмий (76), иридий (77) и платину (78).

Основные свойства МПГ даны в табл. 10.9.

Для МПГ характерны большая устойчивость к химическим воздействиям, высокая плотность и термическая стойкость. Все они сидерофильны, но обладают слабо проявленными халькофильными свойствами. Они инертны к большинству химических реагентов.

Мировые подтвержденные запасы МПГ (без России) в 1996 году составляли 51,82 тыс. тонн, мировое производство – 273,05 тонн, в том числе в России – 74 тонны.

МПГ используют преимущественно в автомобилестроении, стекольной, химической и нефтеперерабатывающей отраслях, в электротехнической и электронной промышленности, в ювелирном деле. На их основе создано множество катализаторов. Рассматриваемые металлы применяют как в виде индивидуальных металлов и их сплавов друг с другом, а также с Au, Ag, Co, Cu и др. Сплавы платиновых металлов обладают большей твердостью, прочностью и устойчивостью к коррозии по сравнению с индивидуальными металлами. Основные области применения платиновых металлов и их сплавов: катализаторы гидрирования, дегидрирования, окисления, дожигания выхлопных газов автомобилей, в топливных элементах. Как легирующие добавки МПГ используются в сплавах и материалах для высокотемпературных термопар, термометров сопротивления, электрических печей сопротивления, химически стойкой посуды, электродов, электрических контактов, медицинских инструментов, стек-

Таблица 10.9.

Характеристика платиновых металлов

Показатель	Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
Конфигурация внешних электронных оболочек атома M°	$4d^7 5s^1$	$d^8 5s^1$	$4d^{10}$	$5d^6 6s^2$	$5d^7 6s^2$	$5d^9 6s^1$
Атомный и ионный радиусы*, нм						
M°	0,134	0,1342	0,137	0,135	0,135	0,138
M^{4+}	0,076	0,074	0,076	0,077	0,077	0,077
Т. плавления, °C	2334	1963	1554	3027	2447	1769
Т. кипения, °C	4077	3727	2937	5027	~ 4380	~ 3927
Плотность, г/см^3	12,45	12,41	12,02	22,61	22,65	21,45
C_p^0, Дж/(моль·К)	24,0	24,95	25,8	24,7	25,1	25,85
S_{298}^0, Дж/(моль·К)	28,56	31,48	37,65	32,6	35,54	41,6
$\Delta H_{пл}^{**}$, кДж/моль	38,3	21,53	16,7	31,8	26	20
$\Delta H_{исп}^{**}$, кДж/моль	647,4	495,3	353	747,4	667,8	510

* Ионные радиусы даны по Шеннону при координационном числе 6.

** $\Delta H_{пл}$ и $\Delta H_{исп}$ приведены при температурах, соответствующих плавлению и кипению.

M° – атомный радиус; M^{4+} – ионный радиус.

лоплавильных аппаратов, основных компонентов резистивных и конденсаторных материалов. Они применяются также как тугоплавкие припои, компоненты постоянных магнитов (например, сплав Pt–Co), защитные покрытия на металлах. Одной из важнейших и традиционных областей использования МПГ является ювелирная промышленность.

Производство и потребление МПГ имеют тенденцию к росту. На рис. 10.57 показаны их динамика и соотношение

до 2000 года и прогноз до 2010 года. На фоне неуклонно растущего потребления лишь с 1998 года наметился ускоренный рост их производства. Рост потребления, безусловно, связан с растущими потребностями в автомобильной промышленности, где платиноиды используются для очищения выхлопных газов вследствие ужесточающихся требований охраны окружающей среды. Эти же тенденции и прогнозируются.

Известно более 100 минералов МПГ: самородные виды, сплавы, интерметаллические соединения, арсениды, антимониды, висмутиды, сульфоантимониды, сульфоарсениды, сульфиды, селениды, теллуриды.

Кроме первичного минерального сырья МПГ извлекают и из отходов производств, где они используются. На долю вторичных источников (лом, отработанные катализаторы и др.) приходится от 10 до 33% ежегодного мирового производства этих металлов. Некоторые изотопы Pd, Ru и Rh накапливаются в продуктах деления U и Pu в ядерных реакторах.

Месторождения МПГ подразделяют на две группы – собственно платинометалльные и МПГ-содержащие. Первые связаны с расслоенными базит-ультрабазитовыми комплексами.

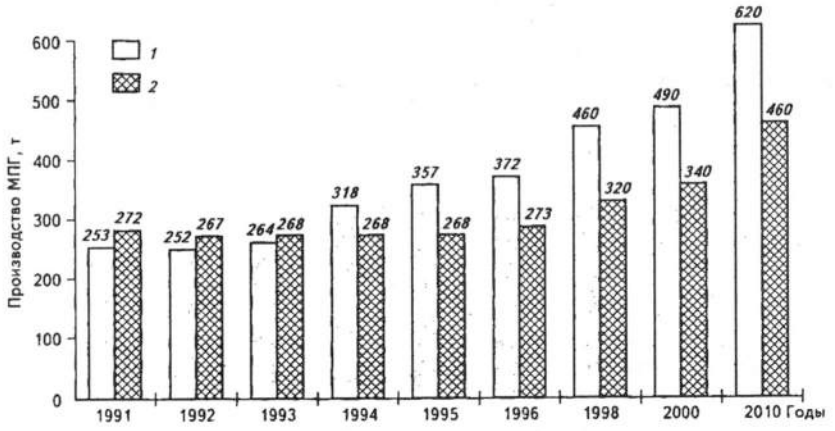


Рис. 10.57. Соотношение потребления и производства МПГ в мире в 1991–2010 гг. По: [Додин и др., 2005].

1 – потребление, 2 – производство; 2010 г. – прогнозные данные.

Вторые представлены месторождениями цветных и черных металлов, генетически связанных с базит-ультрабазитовым магматизмом (сульфидные медно-никелевые, медно- и молибден-медно-порфировые, медно-железованадиевые, медные в карбонатитовых щелочно-ультраосновных массивах центрального типа, хромитовые в гипербазитах, титаномагнетитовые в габброидах и габбро-диабазах). В последние годы источниками МПГ становятся черные сланцы, нефелиновые сиениты.

В каждой из этих групп известны коренные и россыпные месторождения.

Зарубежная платиновая промышленность развивается на основе собственно платинометалльных объектов, российская – преимущественно на сульфидных медно-никелевых месторождениях.

По запасам МПГ собственно платинометалльные месторождения подразделяют (т) на крупные – более 130 и рядовые – 130–10.

Коренные месторождения разрабатывают открытым и подземным способами, россыпные – открытым. Подготовку руд к переделу производят обогащением по комбинированным технологиям (гравитация, магнитная сепарация, флотация).

Основное количество МПГ получают попутно при металлургическом переделе руд цветных металлов – меди, никеля, кобальта, частью хромитов. При этом МПГ переходят в промежуточные (файнштейн) или побочные продукты (пыли, шламы, кеки, шлаки и др.). При переработке медно-никелевых сульфидных руд платиновые металлы концентрируются в различных полупродуктах производства; большая часть, особенно Pd и Pt, концентрируются в анодных шламах (после электролитического рафинирования Cu и Ni). Из всех промежуточных продуктов получают коллективные концентраты платиновых металлов, которые направляют на аффинажные заводы, где МПГ разделяют различными аффинажными процессами. Готовую продукцию получают в виде губчатых металлов. При необходимости их перерабатывают на порошки и сплавы, проволоку.

Схемы **аффинажа** платиновых металлов включают последовательные операции обработки концентрата химическими

реагентами. Например, для выделения Pd и Pt концентраты платиновых металлов обрабатывают царской водкой. К фильтрату, содержащему Pt, Pd и Au, добавляют $FeSO_4$ и осаждают Au. Из раствора, содержащего Pd и Pt в виде $[PtCl_6]^{2-}$ и $[PdCl_4]^{2-}$, добавлением NH_4Cl осаждают $(NH_4)_2[PtCl_6]$. Последний прокаливают до платиновой губки, затем для извлечения других ПМГ повторяют растворение в царской водке, осаждение и прокаливание. Раствор, содержащий Pd, обрабатывают водным раствором NH_3 и соляной кислотой, при этом осаждается $Pd(NH_3)_2Cl_2$; переосаждение повторяют до получения чистого вещества, которое прокаливают до палладиевой губки. Из оставшегося после обработки царской водкой концентрата, используя те же последовательные операции сплавления, растворения и осаждения, получают чистые $(NH_4)_3[RhCl_6]$, $(NH_4)_3[RuCl_6]$, $(NH_4)_2[IrCl_6]$, которые прокаливают в атмосфере H_2 до Rh, Ru, Ir. В других схемах аффинажа используют экстракционные методы. Высокочистые платиновые металлы получают методом зонной плавки, вытягиванием монокристаллов из расплава.

Извлечение МПГ из руд различных типов находится в пределах 60–90% при их содержании в концентрате 10–150 г/т.

При обогащении песков комплексного состава из них получают минералы МПГ, которые перерабатывают для извлечения из них металлов описанными выше способами. При обогащении песков попутно получают титаномагнетитовые и хромитовые продукты.

10.3.2. Палладий.

10.3.2.1. Свойства.

Палладий (Pd,VIII, 46), металл, серебристо-белый; ковкий, пластичный; проявляет амфотерные свойства, халько- и сидерофильный; устойчивые валентности 2^+ и 4^+. Хорошо поддается механической обработке: ковке, штамповке, прокатке, протяжке, хорошо полируется и сваривается. Из него можно получить тончайшие листы и тонкую проволоку. Добавка некоторых элементов, в частности, рутения и никеля, повышает

его твердость. Плотность 12020 кг/м^3; твердость по Бринеллю 245–610 МПа; температуры плавления 1552°С, кипения – 3140; теплопроводность 1,8 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $10{,}8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость $6{,}7 \cdot 10^{-8}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $11{,}2 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$.

По химическим свойствам палладий близок к платине и является наиболее активным платиновым металлом. При нагревании устойчив на воздухе до ~ 300°С, при 350–800°С тускнеет из-за образования тонкой пленки PdO, выше 850°С PdO разлагается и вновь становится устойчивым на воздухе. Хорошо растворяется в царской водке. В отличие от других платиновых металлов, растворяется в горячих концентрированных HNO_3 и H_2SO_4. Переходит в раствор при анодном растворении в соляной кислоте. При комнатной температуре взаимодействует с влажными Cl_2 и Br_2, при нагревании – с F_2, S, Se, Te, As и Si. Сильный катализатор. В присутствии палладия водород на холоде и в темноте восстанавливает хлор, бром, йод и кислород. Переводит SO_2 в H_2S, ClO^-_3 в Cl^-, $FeCl_3$ в $FeCl_2$ и т.д. Эти свойства Pd связаны с уникальной способностью поглощать водород. Один объем Pd способен поглотить до 900 объемов водорода, благодаря образованию твердых растворов с увеличением параметра кристаллической решетки; предполагают также образование гидридов. Поглощенный H_2 можно легко удалить из палладия при нагревании до 100°С в вакууме. Палладий взаимодействует с расплавленным $KHSO_4$, с Na_2O_2 с образованием PdH_2 и PdH_3.

Черный нерастворимый в воде оксид PdO [C^0_p 31 Дж/(моль·К), $\Delta H^0_{обр}$ 15 кДж/моль, S^0_{298} 39 Дж/(моль·К)] разлагается на простые вещества выше 800–850°С; сильный окислитель. Гидролизом солей Pd (II,III,IV) выделены, соответственно, черный $Pd(OH)_2$ ($\Delta H^0_{обр}$ – 161,1 кДж/моль), шоколадно-черный $Pd_2O_3 \cdot nH_2O$ и темно-красный PdO_2. Оксиды Pd (III,IV) – сильные окислители; при небольшом нагревании разлагаются до PdO.

Палладий – токсичный элемент (I класс опасности); ПДК$_{р.з}$ растворимых соединений – 0,002 мг/м^3, Pd диаминогексахлорида – 0,005.

10.3.2.2. Распространенность и запасы.

Кларк палладия земной коры 0,013 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,004 – 0,9, основных – 0,019, средних, кислых – 0,01, в каменных углях – 0,001 [Лазаренков и др., 1996].

Мировые запасы палладия – около 25 тыс. тонн, годовое производство составляет примерно 24 тонны. Наиболее крупные производители – ЮАР, Россия, Канада, США, Колумбия, Австралия, Финляндия, Зимбабве. В середине 80-х годов XX века ежегодная добыча палладия в капиталистических и развивающихся странах составляла 25–30 тонн. При этом из вторичного сырья получали не более 10% палладия. По оценкам 2/3 мировой добычи палладия падало на СССР.

10.3.2.3. Области использования.

Палладий применяют в виде чистого металла и сплавов в автомобильной, электронной, электротехнической, химической, нефтехимической промышленности, в медицине и ювелирном деле.

По объему годового потребления в капиталистических и развивающихся странах палладий опережает другие платиновые металлы. Из областей его применения наиболее важны медицина и стоматология (25–40% ежегодного потребления), электротехника и электроника (30–40%), химическая промышленность (10–15%), автомобилестроение (5–15%), ювелирная (2–5%), стекольная промышленность и другие (до 1%).

Из палладия и его сплавов делают медицинские инструменты, детали кардиостимуляторов, зубные протезы, оправки, некоторые лекарственные средства. В электронике используют, в частности, палладиевые пасты для производства больших интегральных схем. В электротехнике широко применяют электрические контакты из палладия. Для этого сконструированы и производятся пружинящие контакты из палладия с добавками Cr и Zr, а также сплавы Pd–Ag и Pd–Cu. Для тонкой очистки водорода используют его способность поглощать этот газ. Используют палладий для каталитического гидрирова-

ния и дегидрирования и других процессов. Обычно для этого применяют его сплавы с Ag, Rh и другими металлами, а также палладиевую чернь. С середины 70-х годов XX века палладий в виде сплавов с платиной стали использовать в катализаторах дожигания выхлопных газов автомобилей. В стекольной промышленности его сплавы применяют в тиглях для варки стекла, в фильтрах для получения искусственного шелка и вискозной нити.

Известны также карбеновые комплексы Pd, которые образуются при присоединении спиртов и аминов к изонитрильным комплексам:

$[PdCl_2(CNR)L] + HX \rightarrow LCl_2Pd - C$,

где X = OR′, NR″ R‴

Палладиевые соединения – важные промежуточные продукты во многих органических реакциях, катализируемых соединениями палладия. К ним относят окисление олефинов, олигомеризацию олефинов, диенов и ацетиленов, карбонирование, винилирование, ацетоксилирование, изомеризацию и другие процессы. Палладиевые соединения используют в органическом синтезе для образования связей C – O, C – Hal, C – N, C – S, C – Si. Некоторые палладиевые соединения – эффективные катализаторы, например, при карбонилировании аллилгалогенидов (аллильные комплексы), при линейной димеризации и тримеризации бутадиена, ацетилировании олефинов и аллена.

10.3.2.4. Минералы и типы руд.

Известно 48 минералов палладия. Среди них преобладают интерметаллиды и арсениды, висмутиды и теллуриды. Промышленное значение имеют десять минералов: палладий самородный (99–100% Pd, примеси – Ir, Cu, Au, Ag), брэггит ((Pt, Pd, Ni)S, 60,1% Pt, 18,3% Pd, примеси Rh, Ir), майченерит ($PdBi_2$, 20,3% Pd и 79,7% Bi) или майченерит с теллуром (Pd $(Te,Bi)_2$, 12–30% Pd), переходящий в масловит (Pt,Pd)$(Bi,Te)_2$, маякит [$(Pd, Ni)_2$ As), 12–45,9% Pd], меренскит ((Pd,Pt)Bi_2, 12–33,2% Pd), котульскит ((Pd (Te, $Bi)_{1-2}$, 31–46 Pd), полярит (Pd (Pb, Bi), плюмбопалладинит

[$Pd_3 Pb_2$, 37,2–42,0 Pd], высоцкит ((Pd, Ni)S, 55–71% Pd), звягинцевит [$(Pd, Pt,Au)_3$ (Pb, Sn), 48–64,9% Pd, до 20,7% Pt], садбериит [(PdSb), 31,1–45,5% Pd], фрудит ($PdBi_2$, 12–30 % Pd).

Но основная масса палладия получается из главных сульфидов медно-никелевых месторождений: пирротина (2,4–6,4 г/т), пентландита (26–265 г/т), халькопирита (до 52 г/т), кубанита (до 3,9 г/т).

Промышленные типы месторождений – собственно платинометалльный; коренной и комплексный палладийсодержащий (медно-никелевый, медно-порфировый, медно-железованадиевый, медно-титаномагнетитовый, медно-сульфидный в карбонатитах, полиметаллический в черных сланцах). Наибольшее значение имеют оба типа. В Забайкалье известны медно-никелевый (Чинейское месторождение) и в перспективе – золото-сульфидно-кварцевый (Верхнеалиинское месторождение золота) и оруденение в углеродистых сланцах. Кроме того, возможны россыпные месторождения (Муйский и другие рудные районы).

Промышленные руды – сульфидные алюмосиликатные и сульфидные хромит-алюмосиликатные (в коренных месторождениях). Содержания палладия в сульфидных алюмосиликатных рудах 2,04 г/т, в сульфидных хромит-алюмосиликатных – 3,24.

10.3.2.5. Товарные продукты палладия и их получение.

Палладий, как правило, не образует собственных месторождений, а находится в комплексных рудах медно-никелевых и благороднометалльных руд. Он добывается попутно при их добыче и переработке. Сначала, как сказано выше (см. разд.10.3.1), получают коллективный концентрат, который переводят в технологический раствор.

Из технологического раствора благородных металлов в царской водке в первую очередь извлекают Au и Pt. Затем осаждают $Pd(NH_3)_2Cl_2$ и очищают его перекристаллизацией из аммиачного раствора соляной кислотой, высушивают и прокаливают в восстановительной атмосфере. Порошок палладия

переплавляют. Восстановлением растворов солей палладия получают мелкокристаллический палладий – палладиевую чернь. Электроосаждение палладия проводят из нитритных и фосфатных кислых электролитов, в частности с использованием $Na_2[Pd(NO_2)_4]$. Получают губчатый палладий, который перерабатывают, как показано в разд. 10.3.1.

Товарные продукты металлургического передела концентратов (металлический палладий и его сплавы) содержат 99,8–99,9 и 81,6–90,4% Pd. Из простых соединений Pd^{2+} наиболее важны его соли, большая часть которых – легкорастворимые кристаллические вещества коричневого цвета. Товарными продуктами Pd являются также желто-коричневый $Pd(NO_3)_2$ и красно-коричневый $PdCl_2 \cdot 2H_2O$. Вредные примеси в палладии и его сплавах – платина, иридий, родий, золото, свинец, кремний, железо.

10.3.3. Платина.

10.3.3.1. Свойства.

Платина (Pt,VIII, 78), атомная масса 195,08, конфигурация внешней электронной оболочки атома $5d^9 6s^1$, металл, проявляет амфотерные свойства, халько- и сидерофильный; устойчивые валентности 2^+ и 4^+. Степени окисления 0,+2, +3, +4, редко +5, +6. Природная платина состоит из четырех стабильных (^{194}Pt, 32,9%, ^{195}Pt, 33,8%, ^{196}Pt, 25,2% и ^{198}Pt, 7,25) и двух радиоактивных (^{190}Pt, 0,0135 %, $T_{1/2}$ $6{,}9 \cdot 10^{11}$ лет, ^{192}Pt, 0,78 %, $T_{1/2}$ 10^{15} лет) изотопов.

Плотность 21450 кг/м^3; твердость по Бринеллю 390–420 МПа; температуры плавления 1772 °С, кипения – 3927; теплопроводность 71,6 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $10{,}66 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; парамагнетик, удельная магнитная восприимчивость $1{,}3 \cdot 10^{-8}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $9{,}0 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$; поперечное сечение захвата тепловых нейтронов $8{,}8 \cdot 10^{28}$ м^2. Цвет серебристо-белый; ковкий, пластичный, модуль упругости 173 ГПа. Платина в горячем состоянии хорошо прокатывается и сваривается, холодное деформирование её упрочняет. При этом относитель-

ное удлинение уменьшается от 30–50 до 1–2%, а твердость увеличивается. Отжиг приводит к восстановлению пластичности, легирующие добавки обычно увеличивают прочность и твердость. Все эти свойства важны для разработки технологий переработки и использования платины.

Платина химически устойчива, медленно растворяется в горячей серной кислоте и в царской водке, а также в жидком броме. При нагревании на воздухе или в атмосфере кислорода окисляется с образованием летучих оксидов. Один объем платиновой черни поглощает до 100 объемов кислорода, поглощает водород, который удаляется с трудом.

Платина – токсичный элемент (II–III классы опасности), $ПДК_{р.а}$ растворимых соединений Pt – 0,002 мг/м^3, $ПДК_{м.р}$ $Pt(NH)_2Cl$ – 0,001 мг/м^3; $[Pt(CH)_4]_2$ – 0,5 мг/л.

10.3.3.2. Распространенность и запасы.

Кларк платины земной коры 0,001 г/т. Средние ее содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,02, основных – 0,01, карбонатитах – 0,015, кислых – 0,002, углеродистых сланцев – 0,000n, каменных углях – 0,000n, морская вода – 70–320 пг/л [Лазаренков и др., 1996]. В целом в глинистых породах – ниже нескольких мг/т. Среди осадочных горных пород исключение составляют платиноносные россыпи с содержаниями платины единиц г/т.

Мировые подтвержденные запасы платины (без России) в 1996 году – 24,77 тыс. тонны, производство составило 136,69 тонны, в том числе в России – 21,8 тонны. Наиболее крупные производители – ЮАР, Россия, Канада, США, Колумбия, Австралия, Финляндия, Зимбабве.

10.3.3.3. Области использования.

Платина широко используется уже на протяжении более ста лет. К наиболее важным потребителям относятся автомобильная, электронная, электротехническая, химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая и атомная про-

мышленность. Она нашла применение также в ювелирном деле, производстве стекла, измерительной технике, медицине, производстве красок, в химической аналитике. В развитых странах от 30 до 65% платины, ее сплавов и соединений потребляется в автомобилестроении. В электротехнике и электронике используется – 7–13%, в нефтехимии и органическом синтезе 7–12%. Стекольная и керамическая промышленность потребляют 3–17% всей платины, а производство ювелирных изделий – от 2 до 35%.

Применение платины в катализаторах дожигания выхлопных газов автомобилей [сплав Pt–Pd (70–30%)] началось в середине 70-х годов XX века и быстро расширялось в связи с ужесточением требований к охране атмосферного воздуха. В электротехнике и электронике платину используют как материал контактов электрических приборов и печей сопротивления. Так, для контактов высоковольтных реле применяют платину в сплаве с иридием и рутением. Платину и ее сплавы с иридием и рением в нефтехимии применяют для повышения октанового числа бензина, в органическом синтезе – в качестве катализаторов гидрирования, изомеризации, циклизации, окисления. С помощью таких катализаторов производят, например, бензол, толуол, ксилол. Платину используют для каталитического синтеза HNO_3, H_2SO_4, каталитической очистки водорода. Олефиновые комплексы на основе Pt(II) являются эффективными катализаторами гидрирования, гидроксилирования, изомеризации и полимеризации олефинов. Некоторые из этих комплексов используются как катализаторы полимеризации ацетиленов. Платиновые катализаторы используют в виде сеток, черней или просто наносят на их носители.

В стекольной промышленности платина с добавками Rh и Ir – основной конструкционный материал стекловаренных печей для производства оптического стекла. Из сплавов с Rh и Au изготовляют фильтры для получения стекловолокна, а также футеровку для печей, краски для керамики и стекла. Платину применяют в качестве материала высокотемпературных термопар и термометров сопротивления, электродов при электролизе, для изготовления лабораторной посуды и оборудования, в зубоврачебном деле. Сравнительно новые

области применения платины – производство катализаторов для топливных элементов, изготовления контейнеров для радиоизотопных генераторов. Используется она и для получения противоопухолевых препаратов [цис-Pt)$NH_3)_2Cl_2$].

10.3.3.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно 48 минералов платины. Среди них преобладают интерметаллиды. Промышленное значение имеют три минерала: платина самородная (Pt, 98–99,5 % Pt, примеси Pd, Rh, Fe, Ni, Cu), изоферроплатина (Pt_3Fe, 86–93% Pt , примеси Pd, Rh, Ir,Os, Ru, Ni, Cu), тетраферроплатина (PtFe, 75–80% Pt, примеси Pd, Rh, Ir, Ni, Cu). Кроме этих главных минералов платины в рудах находятся обычно и другие содержащие ее минералы, из которых в процессе металлургического передела они извлекаются. К ним относятся: осмий самородный (Pt – 0,1–3,0%), сперриллит $PtAs_2$ (52–59% Pt), куперит (PtS, 40–86% Pt), а также основные рудообразующие сульфиды – пирротин (0,3–9,0 г/т), пентландит (до 71 г/т), халькопирит (до 3,5 г/т), кубанит (до 3,9 г/т). В месторождениях, где развит хромит, до 70% платины входит в его решетку, а оставшаяся часть образует собственные минеральные фазы. При этом валовое содержание платины в хромите составляет порядка 10 г/т [Лазаренков и др., 1996].

Промышленные типы месторождений: коренных – собственно платинометалльный (интерметаллидный, сульфидный), платиносодержащий (медно-никелевый, медно- и молибден-медно-порфировый, медно-железованадиевый, медно-титаномагнетитовый, медно-сульфидный в карбонатитах); россыпных – собственно платинометалльный и комплексный платиносодержащий.

Наибольшее значение имеют коренные месторождения – собственно платинометалльные (за рубежом) и платиносодержащие сульфидные медно-никелевые (в России). На Урале важное промышленное значение имели платиноносные россыпи.

Промышленные руды: собственно платинометалльные – коренные сульфидные алюмосиликатные, сульфидные хро-

мит-алюмосиликатные, россыпные (иридисто-платиновые); платиносодержащие – коренные (сульфидные медно-никелевые, медные и медно-молибденовые, медно-железованадиевые, медно-титаномагнетитовые, медно-сульфидные) и россыпные (золоторудные).

По содержанию платины (г/т) руды подразделяют на весьма богатые – десятки, богатые – единицы, средние – 1–0,8, бедные – 0,8–0,3, убогие – менее 0,3.

10.3.3.5. Способы добычи и переработки.

Коренные месторождения платины и содержащих её руд разрабатывают подземным и открытым способами. Россыпные месторождения разрабатывают гидромеханизированным и дражным способами. Переработка руды коренных месторождений производится гравитационными методами для извлечения самородной платины и сростков её с сульфидами с последующей флотацией для получения концентратов. Платину из россыпных месторождений также извлекают в шлих, а затем, используя гравитационные методы, извлекают в концентрат. Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением комбинированных технологий (гравитация, магнитная сепарация, флотация). Получают коллективные концентраты МПГ.

Шлиховую платину, лом или концентраты платиновых металлов растворяют в царской водке, после чего добавляют этанол и сахарный сироп для удаления избытка NHO_3 и восстановления иридия и палладия до Ir^{3+} и Pd^{2+}. Затем осаждают $(NH_4)_2PtCl_6$ действием NH_4Cl, осадок высушивают и прокаливают при постепенном повышении температуры до 800–1000°С и получают загрязненную губчатую платину. Чистую платину получают растворением этого продукта в царской водке, повторным осаждением и прокаливанием. Губчатую платину переплавляют. При восстановлении солей платины в растворах образуется мелкодисперсная платина – платиновая чернь. Для получения платиновых покрытий (платинирование) используют фосфатные или цис-диамминонитритные электролиты.

Извлечение платины из руд различных типов составляет 60–90% при содержании ее в концентрате МПГ 10–100 г/т. К вредным примесям в концентрате относят Cu, Ni, Fe, S.

При обогащении платиновых руд комплексного состава попутно получают золотосодержащие, хромовые и титаномагнетитовые концентраты.

Товарные продукты металлургического передела (платина в слитках, платина в платиновых сплавах) содержат платины 99,95–99,98 и 99,8–99,93% .

Вредные примеси в платиновых продуктах – Pd, Ra, Ru, Po, Ir, Au, Pb, Fe, Si, Sn, Al, Sb.

Сопутствующие элементы (рутений, родий, осмий, палладий, иридий, медь, никель), содержащиеся в концентрате, извлекают в процессах производства платины.

10.3.4. Иридий.

10.3.4.1. Свойства.

Иридий (Ir, VIII,77), атомная масса 192.22. Природный Ir состоит из смеси двух стабильных изотопов ^{193}Ir (62,7 %) и ^{191}Ir (37,3 %). Сечение захвата тепловых нейтронов $4,4 \cdot 10^{-26}$ м^2. Конфигурация внешней электронной оболочки $5d^7 6s^2$. Степени окисления +3,+4 (наиболее характерны), +1, +2, +5, +6.

Металл, серебристо-белый. Кристаллическая решетка кубическая, гранецентрированная. Тверд и хрупок. Проявляет амфотерные свойства, халько- и сидерофильный. Плотность 22650 кг/м^3; твердость по Бринеллю – 2200 – 2670 МПа. Температуры плавления 2410 °С, кипения – 4310; теплопроводность 147 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $5,3 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость $1,67 \cdot 10^{-9}$м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $6,4 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$.

Устойчив на воздухе при обычной температуре и нагревании. При прокаливании порошка иридия на воздухе и в токе кислорода при 600–1000 °С образуется в незначительных количествах диоксид иридия. Выше 1200 °С в атмосфере O_2 иридий частично испаряется в виде его триоксида. Компактный иридий при температурах до 100 °С не реагирует со всеми кислотами и их смесями, в том числе и с царской водкой.

10.3.4.2. Распространенность и запасы.

Кларк иридия земной коры 0,00018 г/т, среднее содержание в ультраосновных горных породах 0,006 г/т. В растениях в сухом веществе содержание Ir до 0,02 мг/т. Мировые запасы – около 1 тыс. тонн, ежегодное производство то же, что и для платины.

10.3.4.3. Области использования.

Иридий применяется для получения специальных сплавов для электронной и химической промышленности, в медицине. Из чистого иридия получают иридиевые тигли, используемые для выращивании монокристаллов лазерных материалов, ювелирных камней. Из него производят тонкую фольгу для амальгамирующих катодов. Используется для иридирования поверхностей изделий из других материалов. Сплавы Ir с W и Th представляют собой материалы для производства термоэлектрических генераторов, с Hf – для топливных баков космических аппаратов, с Rh, Re, W – материалы для термопар, эксплуатируемых при температурах выше 2000°С. Использование иридиевых покрытий для деталей из рения защищает их от коррозии. Сплавы иридия с лантаном и церием используются для производства термоэмиссионных катодов. Радиоактивный изотоп ^{192}Ir используют как портативный источник излучения для радиографических исследований трубопроводов, а также для радиотерапии злокачественных опухолей.

Оксиды Ir применяются для изготовления резистивных паст в микроэлектронике. Важный гексафторид иридия IrF_6 получают при взаимодействии IrF_3 с BrF_3.

10.3.4.4. Минеральный состав и промышленные типы руд.

Известно 26 минералов иридия, преимущественно являющихся интерметаллидами. Абсолютное большинство – минералогические редкости. Промышленное значение имеют три минерала: иридосмин (осмирид) OsIr (Ir 65,4%, Os 31,2%,

Rh 1,8%), рутениридосмин Os 35,7–68,3; Ir 21,7–45,0; Ru 5,9–21,2; Pt до 14,2, Rh – до 6,8 и ирарсит IrAsS или (Ir,Ru,Rh,Pt)AsS (Ir23–64%; Rh 38–13,4%; Ru 9–9,4%; Pt до 17%; Pd до 5,5%; As 24–36,7%; S 6,6–14,2 %). Кроме того, выделяют еще и невьянскит IrOs (Ir 46,8–77,2%; Os 21–49,3%; Ru до 0,5%; Pt 0,1–5,5%); Cu до 0,9; Fe до 1,4%. В современной литературе природные интерметаллиды, состоящие в основном из иридия и осмия, чаще именуются осмиридом или иридосмином, в зависимости от соотношений этих элементов.

Промышленные руды – сульфидные алюмосиликатные, сульфидные хромит-алюмосиликатные (в коренных месторождениях), иридосминовые – в россыпях. Содержание иридия в сульфидных алюмосиликатных рудах – 0,08 г/т, в сульфидных алюмосиликатных – 0,27 г/т.

10.3.4.5. Способы добычи и переработки руд.

Основной источник иридия – анодные шламы медно-никелевого производства. Из концентрата МПГ отделяют Au, Pd, Pt и другие благородные металлы. Остаток с Ru, Os, Ir сплавляют с KNO_3 и KOH, плав выщелачивают водой, раствор окисляют хлором. Отгоняют OsO_4 и RuO_4, а осадок, содержащий иридий, сплавляют с Na_2O_2 и NaOH. Полученный плав обрабатывают царской водкой и раствором NH_4Cl, осаждая $(NH_4)_2[IrCl_6]$, который затем прокаливают и получают металлический иридий. Кроме того, возможно отделение иридия ионным обменом и экстракцией гексахлороиридатов высшими алифатическими аминами. Для отделения иридия от неблагородных металлов перспективно также использование ионного обмена. Для извлечения иридия из минералов группы осмистого иридия их сплавляют с BaO_2, обрабатывают соляной кислотой и царской водкой. После этого отгоняют OsO_4 и осаждают иридий в виде $(NH_4)_2[IrCl_6]$.

Товарный продукт металлургического передела должен содержать 99,8–99,9% иридия. Вредные примеси в нем – платина, палладий, родий, золото, железо, свинец, кремний, барий.

10.3.5. Осмий.

10.3.5.1. Свойства.

Осмий (Os, VIII, 76), металл, серебристо-голубоватый; проявляет амфотерные свойства, сидерофильный. В природе семь стабильных изотопов: ^{184}Os (0,018%), ^{186}Os (1,59%), ^{187}Os (1,64%), ^{188}Os (13,3%), ^{189}Os (16,1%), ^{190}Os (1,59%), ^{192}Os (41,1%). Конфигурация внешних электронных оболочек атома $5d^6 6s^2$; степени окисления +4, +6, +8 (наиболее характерны), +1, +3, +5; устойчивые валентности 4^+ и 6^+.

Парамагнетик, магнитная восприимчивость $+9{,}9 \cdot 10^{-6}$; удельная магнитная восприимчивость $+6{,}5 \cdot 10^{-10}$ м^3/кг, температура перехода в сверхпроводящее состояние 0,66 К; плотность 22590 кг/м^3; твердость по Бринеллю 3920–4000 МПа, по Виккерсу 3–4 ГПа, по Моосу 7; модуль нормальной упругости 56,7 ГПа; модуль сдвига 22 ГПа. Температуры плавления 3054°С, кипения – 5027; теплопроводность 87,6 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $8{,}12 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; температурный коэффициент линейного расширения $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$. Другие физические свойства даны в табл. 10.9.

Тонко измельченный порошок осмия медленно окисляется на воздухе до Os_2O_4 при комнатной температуре, может на воздухе гореть при нагревании. В компактном состоянии осмий устойчив к окислению до 400°С. Компактный осмий не растворяется в горячей соляной кислоте и кипящей царской водке. Мелкодисперсный осмий окисляется HNO_3 и кипящей H_2SO_4. OsO_4 при нагревании реагирует с F_2, Cl_2, P, Se, Te и др. Металлический осмий можно перевести в раствор сплавлением со щелочами в присутствии окислителей. При этом образуются соли неустойчивой в свободном состоянии осмиевой кислоты H_2OsO_4 – осматы (VI). При взаимодействии OsO_4 с KOH в присутствии этанола либо реакцией с KNO_2 получают также осмат (VI) $K_2[OsO_2(OH)_4]$, или $K_2OsO_4 \cdot 2H_2O$. Осматы (VI) восстанавливаются этанолом до гидроксида $Os(OH)_4$ (черного цвета), который в атмосфере N_2 обезвоживается до диоксида OsO_2.

Тетраоксид OsO_4 – сильный окислитель. Его получают при нагревании металлического осмия на воздухе, а также окислением соединений осмия в низших степенях окисления. Осмий – токсичный элемент. Действует на слизистые оболочки глаз, носа и рта, $ПДК_{р.з}$ – 0,002 мг/м^3.

10.3.5.2. Распространенность и запасы.

Кларк осмия земной коры – 0,00021 г/т, а континентальной коры – 0,00005 г/т. Среднее содержание в ультрабазтах (г/т) около 0,003, в щелочных – 0,00015, кислых – 0,0001.

Мировые запасы – около 200 тонн, годовое производство составляет 60 кг. Наиболее крупные производители те же, что и для платины. Один из крупнейших поставщиков осмия – ЮАР.

10.3.5.3. Области использования.

Осмий применяют в виде чистого металла и сплавов в электротехнической и химической промышленности, в медицине. Он используется как компонент сверхтвердых и износостойких сплавов с Ir (опорные штифты, вращающиеся оси точных приборов, прецизионные малые контакты и др.), с Ir и Ru (шарики перьев авторучек), с W и Mo (катоды термоионных диодов), с Pd (электрические контакты). Используется он и в системах глушителей радиосигналов для создания мощных радиопомех. Кроме того, осмий – компонент композиционного материала (F Co Ni, используемого в качестве электрических контактов). Используется также как окислитель в органическом синтезе, катализатор в реакциях гидроксилирования; благодаря легкости восстановления OsO_4 органическими соединениями до OsO_2 или до Os разбавленные водные растворы OsO_4 используют для окраски биологических препаратов.

Используется как окислитель в органическом синтезе и катализатор в реакциях гидроксилирования. Гексафторид OsF_6 применяют для легирования осмием W, получаемого восстановлением WF_6.

10.3.5.4. Минеральный состав и промышленные руды.

Известно 17 минералов осмия. Среди них преобладают самородные, интерметаллиды, арсениды, антимониды, сульфиды. Промышленное значение имеют четыре минерала: иридосмин, рутениридосмин, осмирид, самородный осмий.

Главные минералы: осмий самородный Os (82,99% Os, примеси (%) Ir – 0,9–19,8; Rh – до 1,3; Pt – 0,1–3,0; Fe – до 1,0; Cu до 0,3; Ru до 1,0; иридосмин IrOs (Os – 47,9–80,3%, Ir – 15,3–46,5%, примеси (%): Ru – 0,2–5,8; Pt – 0,2–2,4; Rh – до 0,6; Fe 0,1–0,4; Ni до 0,1); осмирид OsIr (Ir 54,9–78,9%, Os 16,7–39,2%; примеси (%): Ru – 0,1–4,8; Pt 0,2–7,5; рутениридосмин (Os, Ir, Ru), Ir 21,7–45,0%; Os 35,7–68,3%, Ru 5,9–21,2%, примеси (%) – Pt 3,1–14,2; Rh до 6,8; Pd до 1,0, Cu до 1,2) [Минералы благородных..., 1986]. Кроме того, Os присутствует в самородном иридии (0,1–17,7%), изоферроплатине (до 1,5%) и некоторых других минералах МПГ.

Типичные рудообразующие сульфиды медноникелевых месторождений также содержат осмий. Его средние содержания составляют (г/т): в пирротине – до 0,5, пентландите – 0,03–0,08, халькопирите – до 0,06.

Промышленные руды – иридосминовые и рутениридосминовые (в россыпях), сульфидные алюмосиликатные и сульфидные хромит-алюмосиликатные (в коренных месторождениях).

Содержание осмия в сульфидных алюмосиликатных и сульфидных хромит-алюмосиликатных рудах 0,08 г/т.

10.3.5.5. Способы добычи и переработки руд.

Металлический осмий получают из коллективных концентратов МПГ, промежуточных и побочных продуктов металлургической плавки руд цветных металлов путем их аффинажа по принципиальным схемам, применяемым для извлечения иридия или палладия с учетом индивидуальных химических особенностей этого металла. Сырьевые источники осмия – сульфидные медно-никелевые и медно-молибденовые платиносодержащие руды [содержание осмия составляет (0,7–0,9) – 4% по массе], а также, как сказано выше, сульфидные хромит-алюмосиликатнные. Осмий и другие платиноиды концентрируются в шламах электролитического рафинирования Cu и Ni. Из шлама получают концентрат платиновых металлов, содержащий 0,1% осмия по массе. Для выделения

осмия концентрат прокаливают на воздухе при 800–900°С. Газовая фаза, содержащая OsO_4, SO_2 и SeO_2, поглощается 10%-ным раствором NaOH. Раствор нейтрализуют до pH 8 и затем действием SO_2 получают осадок (2–3% осмия по массе), содержащий $Na_8[Os(SO_3)_6]$. Осадок обрабатывают H_2SO_4 для удаления SO_2, а затем окислителем (например, Cl_2 в присутствии NaOH). Образовавшийся OsO_4 отгоняют, поглощая его пары 20%-ным раствором щелочи (содержание осмия в растворе 60 г/л). Этот раствор обрабатывают метанолом для восстановления образовавшегося пересмата до осмата, а затем насыщенным раствором КОН и осаждают $K_2[OsO_2(OH)_4]$. Полученную соль восстанавливают водородом в автоклаве в присутствии соляной кислоты при 120°С и получают металлический осмий в виде губки. Осмиевую губку сушат при 90°С в атмосфере водорода, затем прокаливают при 930°С и измельчают в тонкий порошок (содержание осмия 99,98%, примеси – Fe, Ni, Si).

По другой схеме щелочной раствор OsO_4 обрабатывают NH_4Cl и получают соль Фреми $[OsO_2(NH_4)_4]Cl_2$. Ее сушат, прокаливают в атмосфере водорода при 700–800 °С и получают осмий в виде губки, которую затем измельчают и обрабатывают для удаления примесей фтористоводородной кислотой. Получают осмий 99,95%-ной чистоты. Выращивают также по необходимости кристаллы осмия, в том числе и игольчатые, обладающие уникальной прочностью.

Товарный продукт металлургического передела концентратов содержит 99,90–99,97% Os. Вредные примеси в металле – золото, железо, другие платиноиды.

10.3.6. Месторождения МПГ в Забайкалье.

В Забайкалье к настоящему времени выявлена минерализация МПГ на ряде медно-никелевых, золоторудных и титаномагнетитовых месторождений.

Согласно [Додин и др., 2005], к числу месторождений МПГ, обеспечивающих будущее минерально-сырьевой базы страны и находящихся в Забайкалье, причислены из платиносодержащих меднониkелевых Йоко-Довыренское и Чинейское,

а из платиносодержащих меднорудных – Удоканское. Однако следует отметить, что к настоящему времени надежно можно об этом говорить лишь в отношении Чинейского месторождения, в медноникелевых рудах которого установлена наиболее существенная платиноидная минерализация (рис. 10.58), имеющая достоверную промышленную ценность. Как указывалось выше (см. гл. 8, разд. 8.2.1.6), в пределах этого месторождения обособляется 4 участка (Рудный, Верхнечинейский, Сквозной, Контактовый) с комплексным медно-никелевым оруденением, локализованным в зоне эндоконтакта Чинейского расслоенного плутона. На рис. 10.59 *а* и *б* показаны, соответственно, участки Рудный (*а*, 1), Верхнечинейский (*а*, 2), Сквозной (*б*, 3) и Контактовый (*б*, 4). Они расположены по периферии массива с востока, юга и запада.

Рудная залежь участка Рудный представлена плитообразным телом в приконтактовой части интрузии. Залежь прослежена практически на всем протяжении контакта на 6,2 км с поверхности и на глубине. Глубина залегания не превышает 250 м, углы падения к центру 5–15°. Залежь имеет сложную конфигурацию, обусловленную резко расчлененным рельефом

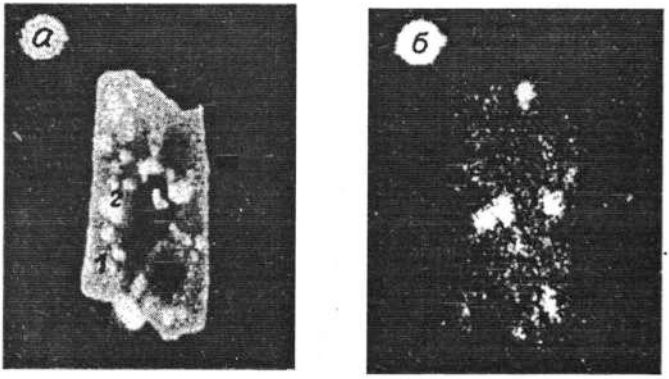


Рис. 10.58. Никелин (1) с включениями палладистого минерала (2). Сканирование под электронным зондом, ув. 1250 (а). Изображение в обратно рассеянных электронах распределения палладия в характеристическом рентгеновском излучении (б). По: [Гонгальский, Криволуцкая, 1993].

дна и кулисообразным расположением рудных ветвей, протяженность которых 45–800 м, мощность 1,3–61,3 метра. Содержание меди 0,2–2,21%; никеля 0,02–0,1%; кобальта – 0,0004–0,003%; платины – 0,07–1 г/т; палладия – 0,11–5 г/т; серебра – 1,2–9,6 г/т; золота – 0,02–0,36 г/т.

Кроме того, на участке Рудном выделено пять локальных зон с запасами по категории C_2 5 млн. тонн руды с высокими содержаниями платиноидов. Руда преимущественно пирит-халькопиритовая и халькопиритовая. Встречаются пирротин, арсениды никеля и кобальта, куприт, кубанит, пентландит, кобальтин, борнит, магнетит, ильменит, гематит, молибденит, сперриллит, самородные медь и золото, кюстелит, аргентопентландит, куперит (PtS), потарит (PtHg), станнопалладинит (Pd_3Sn), минералы палладия (майченерит (Pd (Te,Bi), 12–30% Pd), меренскит ($PdTe_2$, 12–33,2 Pd), садбериит (PdSb), фрудит ($PdBi_2$, 12–30 % Pd)). Руда содержит 4,42% меди, 2,57 г/т платины, 7,07 г/т палладия, 0,38 г/т золота и 36,57 г/т серебра. Обогащается руда по флотационно-магнитной схеме. Платиноиды извлекаются преимущественно в медный концентрат.

На Верхнечинейском участке известны две рудных залежи. Одна находится в приконтактовой части интрузии в 5–100 м от контакта, другая – в 160–300 м выше контакта интрузии. Обе залегают субпараллельно расслоенности и контакту интрузии. Основное промышленное оруденение здесь приурочено к эндоконтактовой части интрузии, где выделены также два рудных тела размером 4 х 1 км и мощностью 138 м и 3,3 х 2,6 км при мощности 1,2–34,9 м. Углы падения рудных тел 2–24°.

Содержание: меди 0,28–0,63%; никеля 0,03–0,13; кобальта 0,003–0,018%; платины 0,06–0,37 г/т; палладия 0,1–0,83; золота 0,01–0,12; серебра 2,3–3,7 г/т.

На участке Контактовом рудная залежь четко приурочена к экзоконтакту. Она имеет пластообразную, местами ветвистую форму, размеры 1 х 2,5 км, мощность 13,8 м и 7,6 – 109,6 м, углы падения 3–35°. Содержание меди 0,39–2,62%, никеля 0,03–0,2%, кобальта 0,005–0,014%. Содержания МПГ здесь достаточно низкие: платины 0,02–0,21 г/т, палладия 0,07–0,79 г/т. Золото концентрируется в количестве 0,01–0,07 г/т, серебро – 1,5–4,9 г/т.

Рис. 10.59 *а*. Фрагменты геологической карты Чинейского месторождения. По: [Минерально-сырьевая ..., 2003].

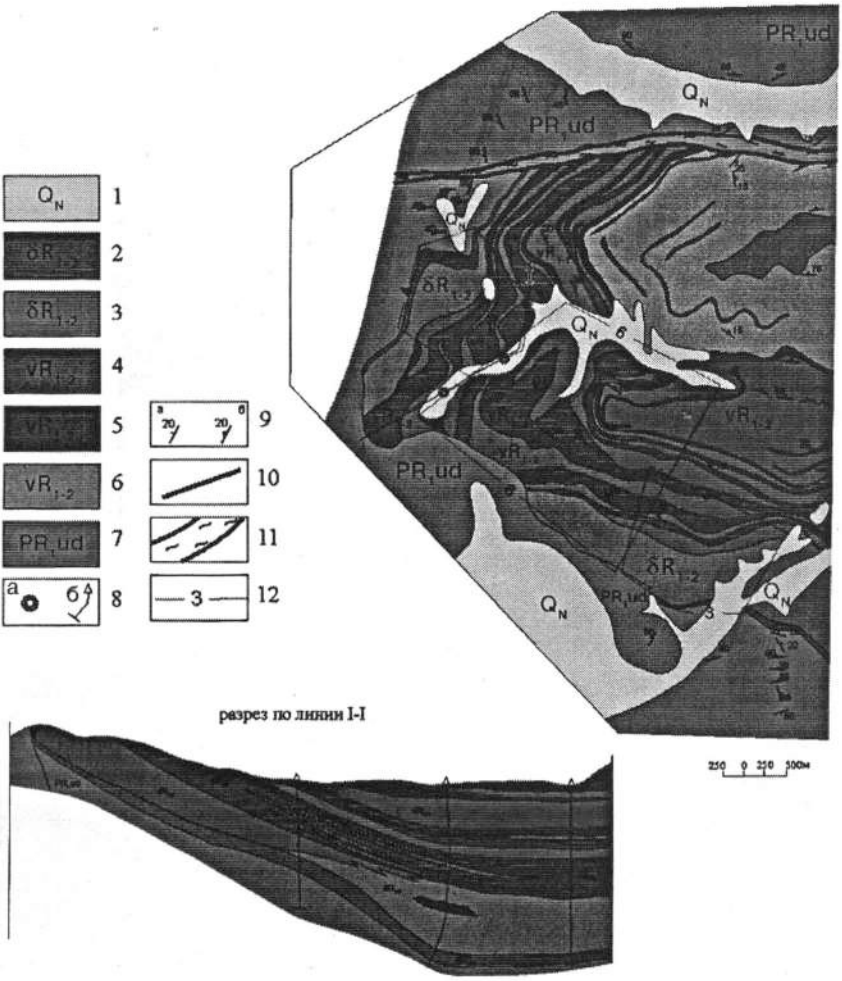


Рис. 10.59 *б*. Фрагменты геологической карты Чинейского месторождения. По: [Минерально-сырьевая ..., 2003].

1 – четвертичные аллювиальные и ледниковые отложения: валуны, галька, пески, суглинки; 2 – контактовая серия: диориты, габбро-диориты, габбро-нориты, медно-сульфидные руды; 3 – краевая серия: диориты, габбро-диориты, габбро-нориты; 4 – железистая серия: нориты, габбро, габбро-нориты расслоенные, титано-магнетитовые руды; 5 – титано-магнетитовые рудные тела; 6 – надрудная серия: лейкократовые габбро, габбро-нориты, габбро-диориты, диориты расслоенные; 7 – вмещающие породы удоканского комплекса: сланцы, метапесчаники, метаалевролиты; 8 – скважины: а – на карте, б – на разрезах; 9 – элементы залегания: а – слоистости и контактов пород, б – расслоенности магматических пород; 10 – разломы; 11 – мощные региональные разломы с широкими зонами дробления; 12 – границы участков месторождения и их номер согласно списку.

Участки месторождения: 1 – Рудный; 2 – Верхнечинейский; 3 – Сквозной; 4 – Контактовый; 5 – Магнитный; 6 – Этырко.

Участок Сквозной находится в эндоконтактовой части, в 5–120 м от контакта. Он имеет сложную форму, обусловленную неравномерным содержанием полезных компонентов и расчлененным «рельефом» дна интрузии. Протяженность рудных тел по простиранию и падению 0,5–3 км, мощность 1,8–18,1 метра. Содержание меди 0,29–1,0%, никеля 0,04–1,7%, кобальта 0,008–0,018%. Концентрации благородных металлов присутствуют следующие (г/т): платины 0,02–0,9, палладия 14–1,0, золота 0,02–0,27, серебра 1,6–5,3 .

Все руды, содержащие МПГ, хорошо обогащаются по флотационно-магнитной схеме, предусматривающей флотацию сульфидов меди и благородных металлов с получением комплексного медного концентрата марки КМ–6 и КМ–7 и мокрую сепарацию хвостов флотации с получением железо-титан-ванадиевых концентратов. Комплексный сульфидный концентрат содержит 13,5–18,5% меди, 0,6% никеля, 0,1–0,24% кобальта и благородные металлы (г/т): 1–2,5 золота, 10,5–53,5 серебра, 1,5–3 платины, 7,5–10,5 палладия, 0,081 рутения. Выход концентрата 3–4%. Извлечение составляет (%): меди – 90–92, никеля – 50, кобальта – 40–55, платины – 57–60, золота – 70, серебра – 70, рутения – 43.

Попутно получаемый железо-титан-ванадиевый концентрат содержит 60–64,5% железа; 5–9% двуокиси титана; 0,4–1,65% пятиокиси ванадия, при извлечении, соответственно, 20–42, 25–34, 19–32%. Выход его 3–8%.

Запасы МПГ Чинейского месторождения составляют 404 тонны, ресурсы – 455 тонн.

Одним из давно известных медно-никелевых объектов, в рудах которого известно платинометалльное орудение, является Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габбровый массив. Изучение его проводится уже на протяжении трех десятилетий. С ним связано **Байкальское** медно-никелевое месторождение [Месторождение Забайкалья, 1995]. Оно относится к группе собствеено магматических сульфидных медно-никелевых месторождений в расслоенных плутонах ультрамафит-мафитового состава [Месторождение Забайкалья 1995]. Разведанные запасы его сульфидных руд по состоянию на 1994 год составляли около 100 тыс. тонн никеля. Массив представляет собою силлоподобное тело, строение которого приведено на рис. 10.60.

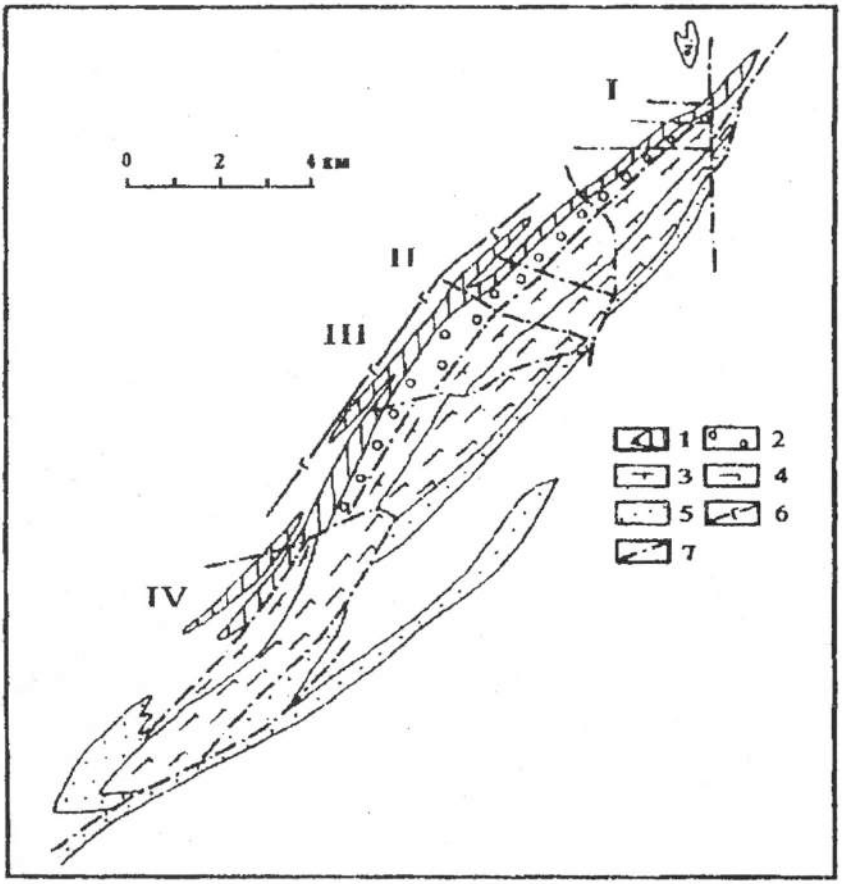


Рис. 10.60. Схема геологического строения Йоко-Довыренского массива. По Э.Г. Конникову и др.: [Месторождения Забайкалья,1995].

1 – плагиоперидотиты; 2 – плагиодуниты, дуниты, верлиты; 3 – полосчатые плагиодуниты, троктолиты, оливиновые габбро; 4 – массивные оливиновые габбро и оливиновые габбро-нориты; 5 – габбро-нориты; 6 – то же, маломощные силы; 7 – разрывные нарушения; рудоносные участки: I – Озерный, II – Центральный, III – Большой, IV – Рыбачий.

По данным Э.Г. Конникова и др. [Месторождение Забайкалья, 1995], наиболее богатое медно-никелевое оруденение локализовано в плагиоперидотитовой зоне и связанных с нею силлах того же состава. Сульфидами обогащены также жильные габбро-пегматиты и анортозиты троктолит-оливин-габбровой и оливин-габбровой зон, силы габбро-норитов подошвы и особенно кровли массива. Отмечается также сульфидизация (пирит, пирротин) вмещающих базиты ороговикованных метаалевролитов и карбонатных пород. В последних среди сульфидов встречаются и галенит со сфалеритом. В плагиоперидотитовой зоне вкрапленные и массивные руды распределены неравномерно. При этом вкрапленное оруденение не имеет четких границ и образует протяженные (до первых километров) узкие зоны в серпентинизированных плагиоперидотитах, ориентированные согласно общему простиранию массива. Массивные руды образуют жилы, локализованные в прототектонических нарушениях, секущих плагиоперидотиты. В северо-западной приконтактовой части массива известно 4 участка развития медно-никелевого оруденения. Самые богатые медно-никелевые руды известны на северо-восточном выклинивании массива, на участке Озерном. Здесь в приподошвенной части массива рудная зона имеет простирание примерно 2 км при мощности в десятки метров. Рудные тела имеют форму жил мощностью до 0,2–1,5 метра. Два других участка находятся в верховьях ручьев Центральный, Большой, а четвертый – в приустьевой части ручья Рыбачий (рис. 10.61). Именно в рудах этого участка обнаружены МПГ. Оруденение представлено серией рудных зон в плагиоперидотитах, расположенных на расстоянии 20–300 м от подошвы массива. Мощность их 1–25 метров. Содержание сульфидов достигает 30 %. В одном из силлов (рис. 10.62) находится зона густовкрапленных сульфидных руд, сложенных гексагональным пирротином, троилитом, в сумме составляющих 58–94 %, а также пентландитом (7–25%), халькопиритом (0,1–6,0 %), хромитом (1–3 %) и магнетитом. Кроме того, присутствуют кубанит, макинавит, виоларит, ильменит, сфалерит, пирит, марказит, отмечаются также никелин, герсдорфит, кобальтин, полидимит, борнит.

Впервые МПГ в рудах месторождения были установлены в технологических пробах, изучавшихся институтом «Гипроникель» в 1960-х годах (0,9 г/т палладия, 0,26 г/т платины, и 0,02 г/т родия). Максимальные содержания этих элементов (соответственно – 2,24; 0,52 и 0,02 г/т) были зафиксированы в пегматоидном габбро. Позднее был найден сперилит. Кроме руд с высокими содержаниями сульфидов в габброидной части массива, установлена малосульфидная платинометалльная минерализация.

Она приурочена к стратифицированным горизонтам (так называемым «рифам»), характеризующимся наибольшей петрографической неоднородностью [Месторождения Забайкалья, 1995].

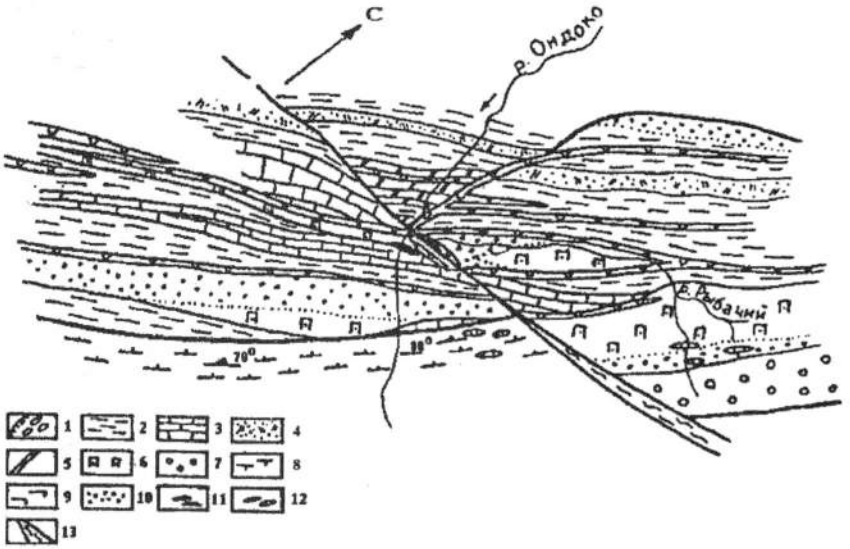


Рис. 10.61. Схема геологического строения участка Рыбачий. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – конгломераты венд-кембрия; 2 – алевролиты, алевропесчаники углеродсодержащие; 3 – мраморы; 4 – кварциты; 5 – силлы габбро-норитов; 6 – плагиоперидотиты; 7 – плагиодуниты; 8 – троктолиты, плагиодуниты; 9 – оливиновые габбро, оливиновые габбро-нориты; 10 – зоны сульфидной вкрапленности; 11 – линзы массивных сульфидных руд; 13 – разломы и зоны серпентинизации; залитые кружочки – дуниты.

Наиболее обогащен МПГ нижний «риф», приуроченный к верхней границе троктолит-оливин-габбровой зоны. Он прослежен на 19 км при мощности около 200 м и характеризуется общим высоким фоновым содержанием МПГ. Оруденение приурочено в основном к такситовым лейкогаббро и анортозитам, которые образуют группу разобщенных жило- и шлирообразных тел [Орсоев и др., 2007]. Размеры жил и шлиров по ширине не велики (от сантиметров до 1, редко – более). По простиранию они прослеживаются согласно расслоенности массива на 2–5 м, реже – 10–20 метров. В платиноносных породах содержание сульфидов в среднем не превышает 7% . Максимальные значения концентраций МПГ составляют (г/т): Pd до 1,8; Pt до 1,2; Rh до 0,07 и Au до 0,8. Д.А. Орсоев и др. [2007] приводят новые

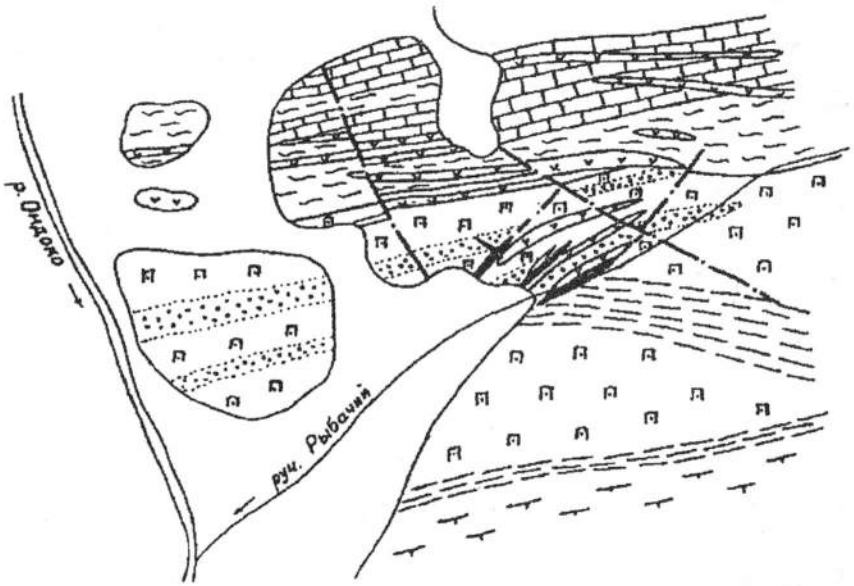


Рис. 10.62. Детали строения участка Рыбачий. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

Условные обозначения см. на рис. 10.61.

данные о содержаниях МПГ. Суммарные их концентрации составляют 0,3 – 12,1 г/т., а в отдельных штуфных пробах (г/т) содержание платины составляет 4,1, палладия – 7,8, золота – 3,34. Минералы МПГ представлены туламинитом, тетраферроплатиной, звягинцевитом, маслеицковитом и мончеитом. Палладий преобладает над платиной. В медно-никелевых рудах нижней части массива накапливается главным образом палладий, а в горных породах «рифа» – платина и золото. Прогнозные ресурсы благородных металлов: Pt – 66т, Pd – 46,2 т и Au – 46,2 т [Орсоев и др., 2007].

В Кодаро-Удоканском медно-рудном районе Л.Б. Макарьевым, Л.Б. Былинской, М.В. Павловым [Платина России, 1990] выявлена платиноносность меденосных черных сланцев среди углеродистой сероцветной формации кодарской серии PR_1. Содержания платины, по данным этих авторов, здесь составляют 0,48–2,1, а палладия – 0,015–0,49 г/т. В разрезе черные сланцы образуют протяженные горизонты мощностью до 80 метров. В них концентрируются Pt (до 2,1 г/т), Pd, Ag и в меньшей мере Au, Mo, Co, Ni, Zn, Cu, V, Cr. В нижних частях продуктивных пачек находятся платиноносные уровни, а в верхних – уровни с Au-Ag-Pd-Pt-минерализацией. Мощность отдельных рудных слоев с содержанием Pt (или Pt+Pd) более 1 г/т составляет 1,0–3,5 метра.

Вдоль Ингамакит-Чинейской зоны разломов, по данным тех же авторов, проявилось золото-платиноидно-сульфидное оруденение гидротермально-метасоматического типа с содержанием (в г/т): Pd – 0,1–0,58; Au – 0,075; Ag – 2–2,5.

В 1994 году ревизионными работами А.Ф. Коробейникова и И.В. Кучеренко в рудах и окружающих березитах отдельных участков **Зун-Холбинского, Зун-Оспинского, Ирокиндинского** золоторудных месторождений Забайкалья были выявлены промышленно значимые концентрации МПГ в пределах 0,1–1,7 г/т Pt, 0,03–0,5 Pd и 0,01–0,08 Rh. Рудовмещающими для этих месторождений оказались сланцево-карбонатные и терригенно-вулканогенные толщи с черносланцевыми горизонтами верхнего протерозоя. Из 97 проанализированных проб **Зун-Холбинского** месторождения в 73 установлены содержания Pt от 0,1

до 29,4 г/т, Pd – от 0,1 до 4, Rh – от 0,01 до 0,03. В рудовмещающих слабопиритизированных углеродистых сланцах определено 0,002–0,006 г/т Pt и 0,02 г/т Pd. Сульфидные минералы изученных руд содержат 0,01–27,3 г/т Pt и Pd. Пириты из кварц-сфалерит-галенитовых жил содержат 0,46–7,2 г/т Pt и 0,01–0,12 г/т Pd. Гленитыиз тех же жил – 0,36 г/т Pt и 0,012 г/т Pd. Промышленные продукты обогащения руд содержат 8,6–10,4 г/т Pt и 0,003–0,17 г/т Pd, в том числе флотоконцентраты – 0,98–3,9 Pt и 0,017–0,2 г/т Pd, а исходная сульфидно-вкрапленная руда – 0,72 г/т Pt и 0,025 г/т Pd; хвосты гравитационного обогащения руд содержат 0,005–0,6 г/т Pt и 0,003–0,03 г/т Pd. В рудах Зун-Холбинского месторождения выявлены единичные тонкие включения самородной платины и сперрилита (0,1–10 мкм) в ассоциациях с пиритом [Коробейников, 2005].

Согласно данным А.Ф. Коробейникова [2005], в кварцево-жильных золотоносных жилах **Ирокиндинского** месторождения, локализованных в позднеархейских мигматит-гнейсовых породах зоны Ирокиндинского глубинного разлома, зафиксированы концентрации платины до 7,3 г/т. На контактах жил выявлены пропилитизация и березитизация. Здесь установлены содержания Pt от 0,013 до 0,15 г/т и Pd от 0,03 до 0,042 г/т. Жильный кварц, содержащий до 30% сульфидов, также обогащен платиноидами (2,8 г/т Pt и 0,043 г/т Pd, среднее из 15 проанализированных проб).

В Муйской структурно-формационной зоне в пределах Байкало-Муйского вулкано-плутонического пояса, на его восточном фланге известна Келяно-Ирокиндинская рудоносная зона. В её пределах ещё в первой половине XX века известны были находки платиноидов в россыпях. Преимущественно это были фрагменты зерен ферроплатины и платино-иридиевых твердых растворов. Д.А. Орсоевым и др. [2003] исследованы платиноиды ручья Адян Келянский (рис. 10.63) и установлено, что они представлены Os-Ir-Ru, Ir-Os-Pt, Pt-Fe и Pt-Fe-Cu твердыми растворами. Преобладают минералы группы Os-Ir-Ru. Они имеют средний состав (атомные %) Os (до 55,3), Ir (до 58,4)

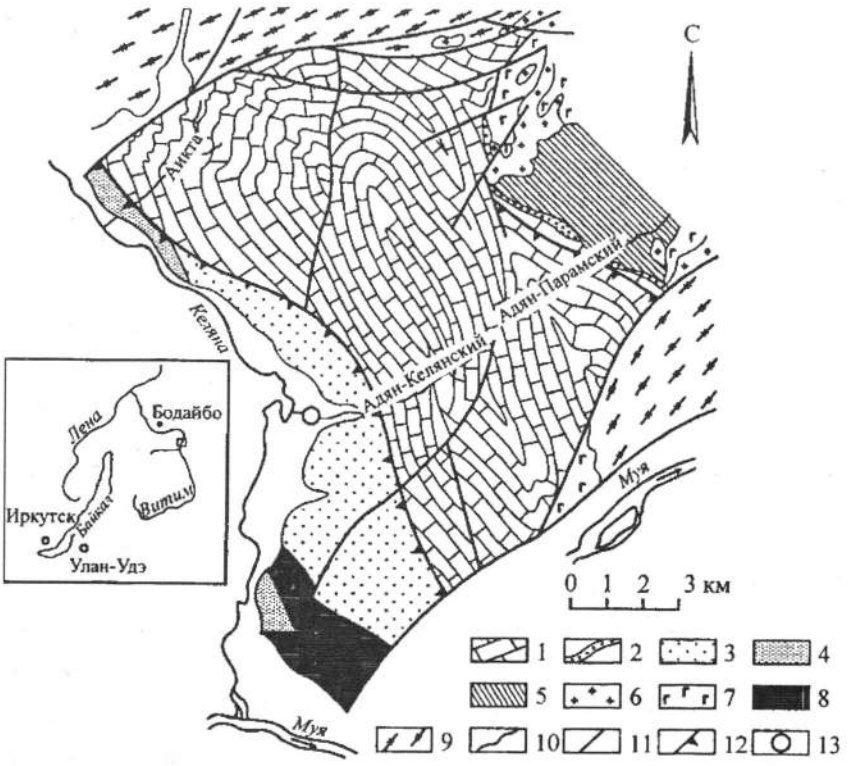


Рис. 10.63. Схема геологического строения района россыпи ручья Адян Келянский (по Божко и др., 1997).

Венд-кембрий: 1 – известняки и доломиты; 2 – кварцевые песчаники, гравелиты и конгломераты; верхний рифей – венд: 3 – песчаники, алевролиты, углистые сланцы, туффиты (тулуинская толща); верхний рифей: 4 – метаэффузивы (келянская серия); 5 – черные сланцы, метаалевролиты (парамская толща); рифейские интрузивные образования: 6 – гранитоиды; 7 – габброиды; 8 – гипербазиты Келянского массива; архей: 9 – гнейсы, кристаллические сланцы Северо-Муйской глыбы; 10 – геологические границы; 11 – разрывные нарушения; 12 – взбросо-надвиги и взбросы; 13 – место отбора тяжелого шлиха из россыпи р. Адян Келянский; на врезке показано географическое положение района.

и Ru (до 32,9). Кроме того, они содержат переменные количества примесей (масс.%): Pt до 3,4, Rh до 1,5, Fe до 0,5 и изредка Ni до 0,4. Рутеносмирид обычно находится в виде включений в изоферроплатине.

Минералы системы Pt-Fe представлены изоферроплатиной и железистой платиной состава Pt_2Fe. Чаще всего они образуют включения в рутениридосминах. Минералы системы Pt-Fe-Cu встречаются очень редко. Авторы рассматриваемой работы полагают, что платиноиды в россыпи ручья Адян Келянский и всего бассейна р. Келяна могут происходить из серпентинитов и серпентинизированных гипербазитов келянской серии, а также хромититов Келянского массива. Поэтому целенаправленные поиски платиноносных ультрабазитов среди известных их проявлений могут дать новые источники МПГ на этой территории.

Перспективы получить промышленные запасы для попутного извлечения МПГ имеются также и в Шаманском проявлении хромитов, где в пределах Северо-Шаманского участка обнаружено жилообразное тело серпентинизированных гарцбургитов с хромитом протяженностью до 500 м при мощности 1–5 метров. В руде присутствуют хромит, пентландит, бравоит, халькопирит, пирротин, виоларит, магнетит. Содержание трехокиси хрома от 23,8 до 49,5 %, в среднем – 38,5 %. Содержание МПГ в трети проб от 1,25 до 2,444 г/т. В остальных присутствует только платина, содержание которой 0,1–0,3 г/т. Прогнозные ресурсы платины категории P_3 оцениваются в 1,4 тонны [Минерально-сырьевые..., 2003].

В Забайкальском крае платиноиды установлены также в пределах Верхнеалиинского месторождения золота. С.Н. Ильиным с сотрудниками (1988г.) в оливиновых пироксенитах Верхнеалиинского массива выявлены арсениды МПГ – сперриллит, ирарсит (Ir,Ru)AsS и холингвортит (Rh,Pd) AsS). Серпентиниты из хромитов этого же массива содержат микровключения ферроплатины. Предполагается присутствие МПГ и в золото-арсенопиритовых рудах этого месторождения [Перспективы ..., 2000].

Известны МПГ и в титаномагнетитовых рудах (до 0,2 г/т платины) Кручининского месторождения, локализованного

в Ангашанском массиве габброидов. Платиноиды присутствуют и в золотоносных россыпях долины р. Кручина, содержащих существенные количества магнетита и титаномагнетита, являющихся продуктами разрушения Ангашанского массива. Н.Н. Гераков в 1960 году указывал на содержание до 2,6 г/т МПГ в шлихах Кручининского месторождения россыпного золота. В связи с этим следует произвести оценку на платиноиды всех массивов основных и ультраосновных пород ингодинского комплекса, в том числе **Аленгуйское** месторождение титано-магнетита, где развиты пироксениты.

Платиноиды (сперриллит, иридосмин, сысертскит) работами ЗабНИИ выявлены в шлихах Джармагатайской золотоносной россыпи Илинского золотоносного района.

С.Н. Ильиным и Т.С. Филатовой на МПГ оценивался Якутский массив Байкало-Муйского базит-гипебазитового пояса. В родингитах этого массива установлено содержание палладия 1,4 г/т.

В связи с этими данными следует провести оценку на МПГ Молодовского серпентинитового пояса, особенно его опущенный и зажатый в гранитоидах блок в правобережье р. Шилка.

Месторождения МПГ следует ожидать в Южном Прибайкалье, где в хромитовых рудах Оспинско-Китойского массива концентрации платины достигают 1,2 г/т, а палладия – 0,89 г/т.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства металлов платиновой группы?
2. Каковы минеральный состав и основные промышленные типы месторождений МПГ?
3. Каковы способы добычи и переработки руд МПГ?
4. Где и как используются МПГ?
5. Каковы главные возможные источники МПГ в Забайкалье?

Литература

Основная

Гонгальский Б.И., Криволуцкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. – Новосибирск: «Наука». Сибирское отделение, 1993.

Додин Д.А., Чернышев Н.М., Додина Т.С., Золоев К.К., Поляков Г.В. / Платина России: Новые нетрадиционные типы платиносодержащих месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России». Т.VI. – М.: Геоинформмарк, 2005.

Коробейников А.Ф. Обзор изученности платиноносности черносланцевых формаций Сибири / Платина России: Новые нетрадиционные типы платиносодержащих месторождений. Результаты и направления работ по программе «Платина России». Т.VI. – М.: Геоинформмарк, 2005.

Лазаренков В.Г., Марченко А.Г., Таловина И.В. Геохимия платиновых элементов. Учебное пособие. – СПб.: Горный институт, 1996.

Лазаренков В.Г., Петров С.В., Таловина И.В. Месторождения платиновых металлов. – М.: Недра, 2002.

Орсоев Д.А., Кислов Е.В., Малышев А.В. Перспективы освоения Северобайкальского никеленосного района / Проблемы геохимии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Бурятского ордена Трудового Красного Знамени геологического управления. 19–21 декабря 2007 г., г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007.

Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке. – Т. III. В 2-х кн. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1990.

Дополнительная

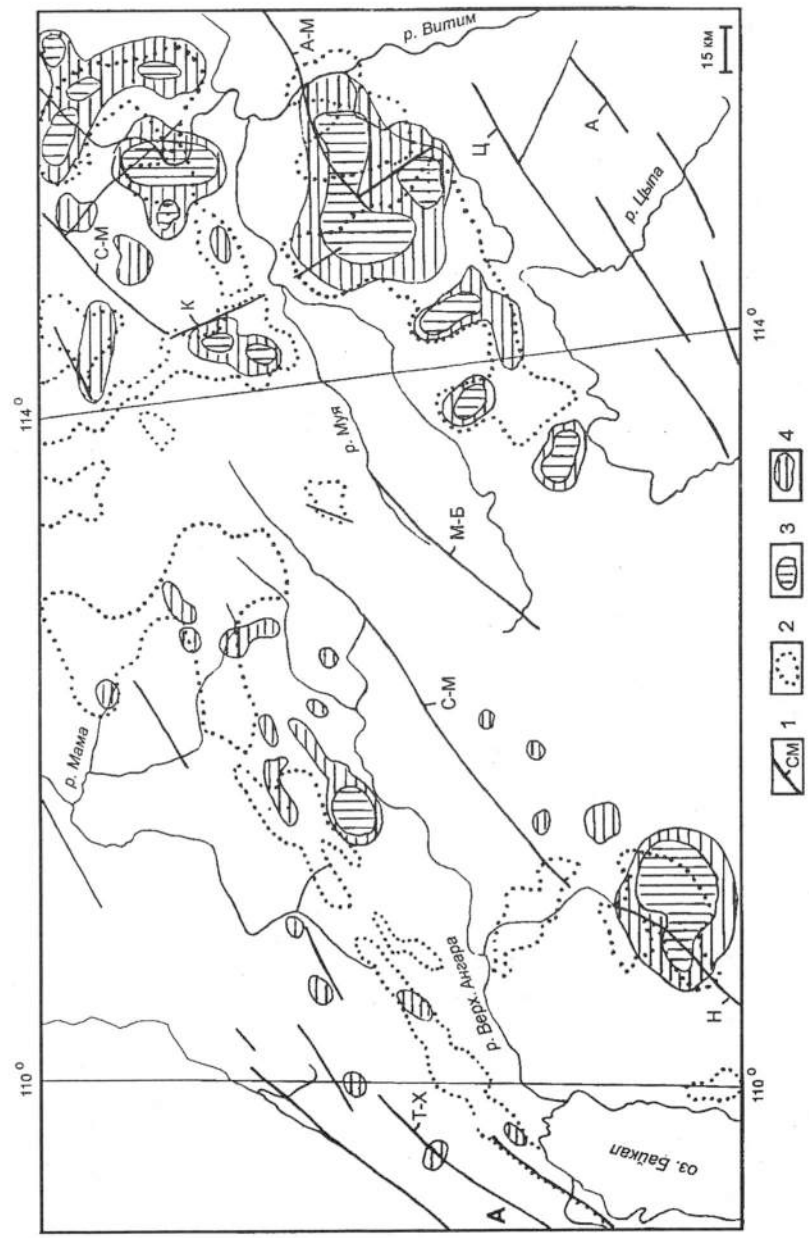
Минералы благородных металлов. Справочник / Юшко-Захарова О.Е., Иванов В.В., Соболева Н.Н. и др. – М.: Недра, 1986.

Заключение

Рассматривая перспективы Забайкалья в свете прогноза новых объектов в пределах известных золотоносных районов следует отметить, что новые месторождения золота могут быть открыты в прибортовых структурах мезозойских впадин, где на дневной поверхности обнажены зоны развития тонкозернистого и халцедоновидного кварца, сопровождающегося пиритизацией и флюоритизацией. Это относится прежде всего к такого рода проявлениям в Балейском рудном районе, в Кручининской и Читино-Ингодинской депрессиях. В последней рудоносной на глубине около 100 метров от дневной поверхности может оказаться Подволок-Колошная зона окварцевания, прослеживающаяся вдоль её юго-западного борта, где известны проявления флюорита, пиритизация в песчаниках кутинской свиты с образованием сульфидных конкреций и слабая золотоносность кварцевых жил.

Определенный интерес представляют зоны зеленокаменно-измененных метаморфических толщ джорольской серии, содержащих золото, а также аналогичных толщ в бассейне р. Никишиха, где в кварцевых жилах и прожилках в них известны содержания золота до 3–5 г/т.

Обобщение по золотоносности Муйской структурно-формационной зоны, выполненное Б.Н. Абрамовым [2007], показало, что наибольшая плотность рудопроявлений золота отмечена в районе Южно-Муйской глыбы в бассейне р.Тулдунь, где пересекаются зоны глубинных нарушений северо-восточного и меридионального направлений (рис. 10.64). Показано, что «...районы с наиболее плотным распределением золотого оруденения (бассейны рек Намама, Келяна, Бахтарнак) имеют следующие сходные черты геологического строения: 1) широ-


р. Витим
15 км
А-М
С-М
К
Ц
А
р. Цыпа
114°
р. Муя
М-Б
С-М
р. Мама
Т-Х
р. Верх. Ангара
Н
оз. Байкал
110°
СМ 1
2
3
4

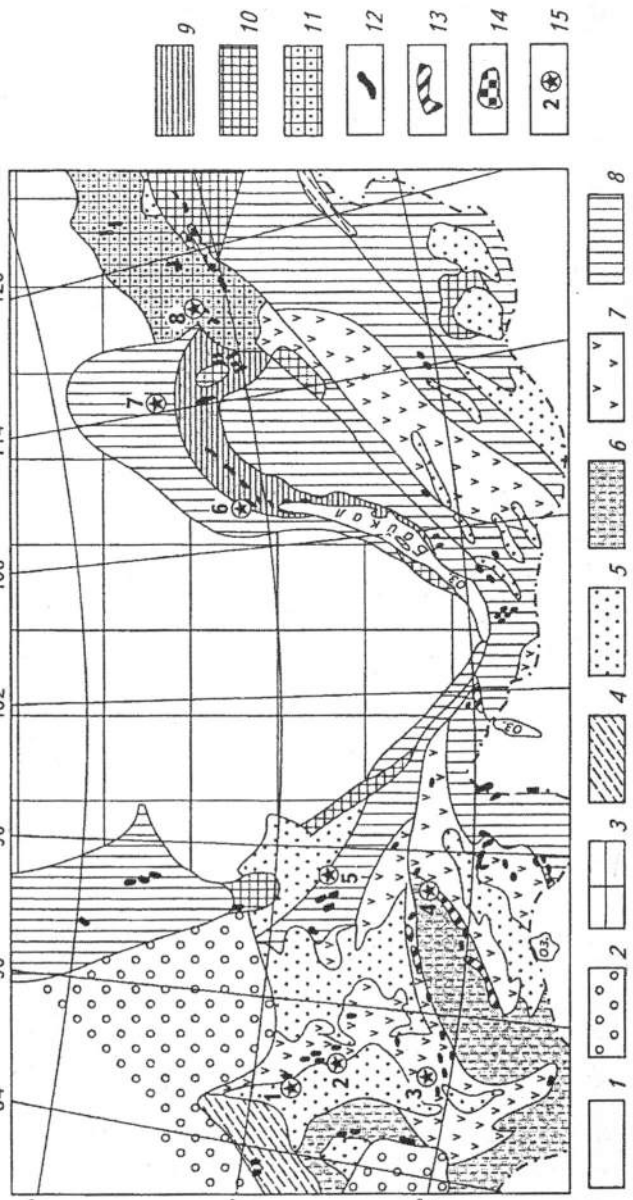
кое развитие интрузивных образований муйского комплекса, вулканогенно-осадочных отложений келянской или нюрундуканской свит; 2) развитие межразломных троговых структур близмеридионального простирания, выполненные кембрийскими осадочными отложениями; 3) широкое развитие пород дайкового комплекса, преимущественно среднего и основного составов; 4) интенсивное проявление метасоматических процессов (альбитизация, окварцевание, серицитизация и др.)» [Абрамов, 2007, с. 21]. Особенностью околорудных изменений является их регрессивный характер по отношению к фации метаморфизма вмещающих горных пород.

Имеются реальные перспективы выявления крупных месторождений медно-порфирового типа (с Mo и Au), комплексных медных руд в расслоенных габброидных интрузиях Чинейского типа (Cu, Pt, Ni, Co); месторождений Au, Cu, Ni, Pt в докембрийских зеленокаменных трогах. Кроме того, первый опыт обнаружения месторождений в надвиговых структурах (Погромное) в северном обрамлении Борщовочного хребта, предпосылки обнаружения месторождений карлинского и сухоложского типов повышают минерагенический потенциал региона. Крайне недостаточно изучена минерагения Станового нагорья, в частности, собственно Яблоново-Становая зона.

А.В. Татаринов и другие [2006] предполагают существование нового геолого-технологического типа серебро-свинцово-цинкового с платиной, рутением и золотом и «...соответственно полиметаллического с благородными металлами – рудноформационного типа» [с. 61]. Например, для галенитовых руд

Рис. 10.64. Схема плотности распределения проявлений золото-кварцевой формации Муйской зоны.

1 – глубинные нарушения: СМ – Северо-Муйское; Н – Намаминское; МБ – Муя-Баргузинское; К – Келянское; АМ – Аку-Мудириканское; Ц – Цыпинское; А – Амалатское; ТХ – Тыя-Холоднинское; 2 – площади распространения вулканогенно-осадочных отложений келянской и нюрундуканской свит, интрузивных образований муйского и парамского комплексов; 3–4 – градации плотности размещения золоторудных рудопроявлений (на 100 км²): 3 – до 5 рудопроявлений; 4 – свыше 5 рудопроявлений.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
60°
56°
52°
84°
90°
96°
102°
108°
114°
120°

Мыкерт-Санжеевского месторождения указываются содержания (г/т): платины 4,85, рутения 0,24, палладия до 0,3, осмия 0,013, иридия 0,0131. Аналогичные данные приведены в этой работе и для серебряно-свинцово-цинковых руд проявлений Доватка и Тарбагатайское в Республике Бурятия [с. 62].

На рис. 10.65 показаны основные платиноносные магматические комплексы и территории их распространения в зависимости от геодинамических обстановок в пределах Забайкалья и Восточной Сибири в целом. На ней не нашли отражения основные и ультраосновные массивы Ново-Катугинский, Парамский, Шаманский и весь ингодинский комплекс, вероятность промышленной платиноносности которых весьма велика. Не изучен на МПГ олошкинский комплекс в Западно-Становой структурно-формационной зоне. Особое значение в смысле промышленной минерализации МПГ могут иметь перидотиты и троктолиты зональных массивов ингодинского комплекса в Зачикойской горной стране, таких как Ингодинский, Воскресенский, Морозовский, Верхнеславянский и другие. Эти массивы могут быть аналогами Номогонского троктолит-анортозит-габбрового массива в Монголии, содер-

Рис. 10.65. Схема размещения различных типов коренных проявлений и месторождений МПГ в складчатых структурах юга Сибири. По: [Додин и др., 2005].

1 – четвертичные отложения; 2 – мезо-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 3 – чехол Сибирской платформы; 4–11 – складчатые комплексы: 4 – герцинский, 5 – среднепалеозойские и мезозойские межгорных прогибов, 6 – каледонский, 7 – салаирский, 8 – протерозойский, 9 – протерозойский эвгеосинклинальный Байкало-Муйской зоны, 10 – архейско-нижнепротерозойский, 11 – архейский; 12 – ультрабазит-базитовые массивы; 13 – альпинотипные гипербазиты; 14 – габбро-анортозитовые массивы; 15 – коренные платинометалльные месторождения и рудопроявления: 1–3 – Кузнецкого Алатау (1 – Кайгадатское, 2 – Среднетерсинское, 3 – Сеглебирское), 4 – Западного Саяна (Калнинское), 5 – Восточного Саяна (Кингашское), 6 – Северного Прибайкалья (Йоко-Довыренское), 7 – Северного Забайкалья (Сухой Лог), 8 – Восточного Забайкалья (Чинейское).

жащего платинометалльную минерализацию. Подобная же зональность характерна и для уникального месторождения Кондер [Лазаренков и др., 2002].

Имеющаяся минерально-сырьевая база комплексных месторождений благородных и цветных металлов Бурятии и Забайкальского края позволяет создать крупное горно-металлургическое производство, например, Приаргунский и Петровск-Забайкальский центры по переработке сульфидных концентратов с получением меди, свинца, цинка, молибдена, золота, серебра и других металлов, а также утилизации серы с получением серной кислоты для переработки урановых руд других производств.

Список литературы к Книге 3

Балейское рудное поле. – М., 1984.

Бойцов В.Е., Пилепенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. Учебное пособие. – М.: НИА – Природа, 1999.

Бородаевская М.Б., Петровская Н.В., Андреева М.Г., Шмидт А.И. Геология, петрография и минералогия золоторудного поля Ключи в Восточном Забайкалье и оценка его перспектив // Труды НИГРИзолото. – 1957. – Вып. 22.

Гайворонский Б.А., Сергеев А.Д. Шафиков А.Х., Ершов В.В. Перспективы золотоносности Уронайского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Перспективы развития золотодобычи в Забайкалье: Межрегиональная научно-практическая конференция. Золотое Забайкалье. – Чита, 2003.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Юргенсон Г.А. , Чечеткин В.С., Асосков В.М. и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Геологические критерии поисков россыпей / Быховский Л.З., Гурвич С.И., Патык-Кара Н.Г., Флеров И.Б. – М.: Недра, 1981.

Горная энциклопедия. – М., 1986. – Т. 2.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Сер. Приаргунская. Лист M-50-V (Газимурский Завод). Объяснительная записка / Озерский А.Ф., Кривицкий А.В., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во СПб картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Сер. Приаргунская. Лист M-50-IX (Калангуй). Объяснительная записка / Рутштейн И.Г., Богач Г.И., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Сер. Приаргунская. Лист М-50-XII (Нерчинский Завод). Объяснительная записка / Озерский А.Ф., Кривицкий А.В., Винниченко Е.Л. и др. – СПб: Изд-во картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2001.

Золото Бурятии. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004.

Игнаткин Ю.А. По диким степям Забайкалья (Очерки золота Забайкалья). – Чита, 1994.

Калашников П.А. Перспективы разведки и добычи россыпного золота в Балейском районе // Проблемы Балея: Записки Забайкальского филиала Географического общества СССР. – Чита, 1970. Вып. 62.

Костромин М.В., Юргенсон Г.А., Позлутко С.Г. Проблемы дражной разработки континентальных россыпей. – Новосибирск: Наука, 2007.

Краснов А.Н., Прокофьев В.Ю., Зорина Л.Д., Юргенсон Г.А., Коваленкер В.А., Трубкин Н.В. Особенности минеральных форм Au и Ag в рудах месторождения Талатуй (Восточное Забайкалье, Россия) / Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения // Материалы Годичного собрания Российского минералогического общества. – СПб., 2006.

Лимберова В.В., Юргенсон Г.А., Лизункин В.М., Цыбикова Р.Э. Лабораторные исследования процесса выщелачивания золота из руд Тасеевского месторождения активированным ультразвуком растворителем / ГИАБЗабайкалье. Отд. выпуск. № ОВ4, 2007.

Лимберова В.В., Лизункин В.М., Юргенсон Г.А., Рохманова О.Н., Степанова А.И. Влияние активации ультразвуком иодидного растворителя на процесс извлечения золота из руды Тасеевского месторождения / Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии // Труды VII международного симпозиума по геологической и минерагенической корреляции в сопредель-

ных районах России, Китая и Монголии // 22–24 мая 2007 г., Чита, Россия. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. А.П. Лаверова. – Чита; М., 1995. – Т. 1, кн. 2.

Месторождения Забайкалья. Т. I. Кн. 1, 2 / Под ред. акад. Н.П. Лаверова. – М.: Геоинформмарк, 1995.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. Инвестиционные предложения / Харитонов Ю.Ф., Чечеткин В.С., Шевчук Г.А. и др.– Чита: ЗабНИИ, 2003.

Мирзеханов Г.С. Условия формирования, принципы прогноза и оценки ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота (на примере юга Дальнего Востока). – Автореф. ... дис. д.г.-м.н. – Благовещенск, 2005.

Миронов А.Г. Золото-урановая провинция на территории Западного Забайкалья: обоснование выделения, вещественный состав и условия формирования рудных ассоциаций // Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Бурятского ордена Трудового Красного Знамени геологического управления. 19–21 декабря 2007 г. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007.

Орсоев Д.А., Миронов А.Г., Карманов Н.С. Минералы платиновых металлов и золотоносной россыпи ручья Адян Келянский (бассейн среднего течения реки Витим) и возможный коренной источник // Записки ВМО.– Ч. CXXXII, № 3, 2003.

Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989.

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Никитин С.Е., Ильин С.Н. Перспективы на платинометалльное оруденение в Забайкалье / Разведка и охрана недр. – 2000. – № 1.

Татаринов А.В., Миронов А.Г., Яловик Л.И. Новые типы поликомпонентных руд с Pt-Pd-Ru ассоциациями ЭПГ на месторождениях Забайкалья / Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения // Материалы Годичного собрания Российского минералогического общества. СПб., 3–5 октября 2006 г. – СПб., 2006.

Тупяков В.Е., Флешлер В.И., Юргенсон Г.А. Радиоактивность россыпных месторождений Восточного Забайкалья / Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии // Труды VI международного симпозиума по геологической и минерагенической корреляции в сопредельных районах России, Китая и Монголии. 11–15 октября 2005 г., Чита, Россия. – УланУдэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005.

Шадрин А.И., Локотко В.В. Талатуйское золоторудное месторождение // Записки Забайкальского филиала Географического общества СССР. – Чита, 1972. – Вып. 69.

Шило Н.А. Учение о россыпях. – Владивосток: Дальнаука, 2002.

Широкий О.И., Тупяков В.Е., Локотко В.В. Золотоносные коры выветривания Восточного Забайкалья: изученность, проблемы, перспективы // Новый век – новые открытия. Межрегиональная научно-техническая конференция, посвященная 40-летию ЗабНИИ. Материалы конференции. – Чита: ЗабНИИ, 2001.

Энциклопедия Забайкалья / Гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. Отв. ред. А.Б. Птицын и Г.А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2003–2006.

Юргенсон Г.А. Особенности крупных месторождений малоглубинной золото-серебряной формации и использование типоморфизма жильного кварца при их поисках и оценке / Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов. – СПб: горный институт им Г.В. Плеханова, 1998.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2005.

Юргенсон Г.А. Особенности минерального состава руд малоглубинной золото-кварцфлюоритовой формации // Материалы Годичного собрания Российского минералогического общества. – СПб., 2006.

Юргенсон Г.А. О возможном коренном источнике Кручининских золотоносных россыпей (Центральное Забайкалье //

Материалы научной конференции, посвященной 25-летию ИПРЭК СО РАН и памяти чл.-корр. АН СССР Ф.П. Кренделева. 12–15 сентября 2006 г. – Чита: ЗабГПУ, 2006.

Юргенсон Г.А. Минералого-геохимическая технология локального прогноза и глубинных поисков слепого золото-серебряного оруденения // Минералогические исследования и минерально-сырьевые ресурсы России. – Материалы годичного собрания РМО. 5–10 октября 2007, г. Москва. – М.: ИГЕМ–ВИМС, 2007.

Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Дарасунское рудное поле / Месторождения Забайкалья. Под ред. акад. Н.П. Лаверова. – Чита–М., 1995. – Т. 1. Кн. 2.

V. Yu. Prokofiev, L.D. Zorina,V.A. Kovalenker, N.N. Akinfiev, I.A. Baksheev, A.N. Krasnov, G.A. Yurgenson, and N.V. Trubkin. Composition, Formation Conditions, and Genesis of the Talatui Gold Deposit, the Eastern Transbaikal Region, Russia // Geology of Ore Deposits, 2007, Vol. 49, No. 1. – Pliades Publishing. Ltd., 2007.

Список используемых сокращений

Be, II, 4 – название химического элемента, группа в Периодической системе и атомный номер;

ПДК – предельно допустимая концентрация химических веществ;

$ПДК_{р.з}$ – в воздухе рабочей зоны, мг/м^3;

$ПДК_{м.р}$ – максимальная разовая в воздухе населенных мест, мг/м^3;

$ПДК_{с.с}$ – среднесуточная в воздухе населенных мест, мг/м^3;

$ПДК_{в}$ – в водоемах санитарно-бытового и хозяйственного назначения, мг/дм^3;

$ПДК_{в.р}$ – в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, мг/дм^3.

Содержание

Предисловие 3
Глава 10. Благородные металлы 4
10.1. Золото 7
10.1.1. Свойства 7
10.1.2. Распространенность и запасы 8
10.1.3. Области использования 8
10.1.4. Минеральный состав и типы руд 10
10.1.4.1. Особенности состава руд коренных месторождений золота 12
10.1.4.2. Особенности состава руд россыпных месторождений золота 15
10.1.4.3. Особенности первичных и геотехногенных руд россыпных месторождений 17
10.1.4.4. Геотехногенные россыпи как важный источник минерального сырья 23
10.1.4.5. Классификация геотехногенных россыпей 24
10.1.5. Способы добычи и переработки руд 26
10.1.6. Месторождения золота в Забайкалье 29
10.1.6.1. Краткая история открытий и добычи 29
10.1.6.2. Рудно-формационная классификация месторождений 30
10.1.6.3. Месторождения малоглубинной золото-серебряной формации 32
10.1.6.4. Месторождения золото-кварцевой формации 51
10.1.6.5. Месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации 77
10.1.6.6. Золото-кварцево-сульфидная формация 124
10.1.6.7. Россыпные месторождения золота 157
10.1.6.8. Новые типы экзогенных месторождений золота 182
Литература 194
Основная 194
Дополнительная 195
10.2. Серебро 198
10.2.1. Свойства 198
10.2.2. Распространенность и запасы 198

10.2.3. Области использования 199
10.2.4. Минералы и типы руд 199
10.2.5. Добыча и переработка руд 200
10.2.6. Месторождения серебра в Забайкалье 201
Литература 204
Основная 204
Дополнительная 205
10.3. Металлы платиновой группы (МПГ) 206
10.3.1. Общие данные 206
10.3.2. Палладий 210
10.3.2.1. Свойства 210
10.3.2.2. Распространенность и запасы 212
10.3.2.3. Области использования 212
10.3.2.4. Минералы и типы руд 213
10.3.2.5. Товарные продукты палладия и их получение 214
10.3.3. Платина 215
10.3.3.1. Свойства 215
10.3.3.2. Распространенность и запасы 216
10.3.3.3. Области использования 216
10.3.3.4. Минеральный состав и типы руд 218
10.3.3.5. Способы добычи и переработки 219
10.3.4. Иридий 220
10.3.4.1. Свойства 220
10.3.4.2. Распространенность и запасы 221
10.3.4.3. Области использования 221
10.3.4.4. Минеральный состав и промышленные типы руд 221
10.3.4.5. Способы добычи и переработки руд 222
10.3.5. Осмий 223
10.3.5.1. Свойства 223
10.3.5.2. Распространенность и запасы 224
10.3.5.3. Области использования 224
10.3.5.4. Минеральный состав и промышленные руды 224
10.3.5.5. Способы добычи и переработки руд 225
10.3.6. Месторождения МПГ в Забайкалье 226
Литература 242
Основная 242
Дополнительная 242
Заключение 243
Список литературы к Книге 3 249
Список используемых сокращений 253

Учебное издание

Юргенсон Георгий Александрович

Минеральное сырье Забайкалья

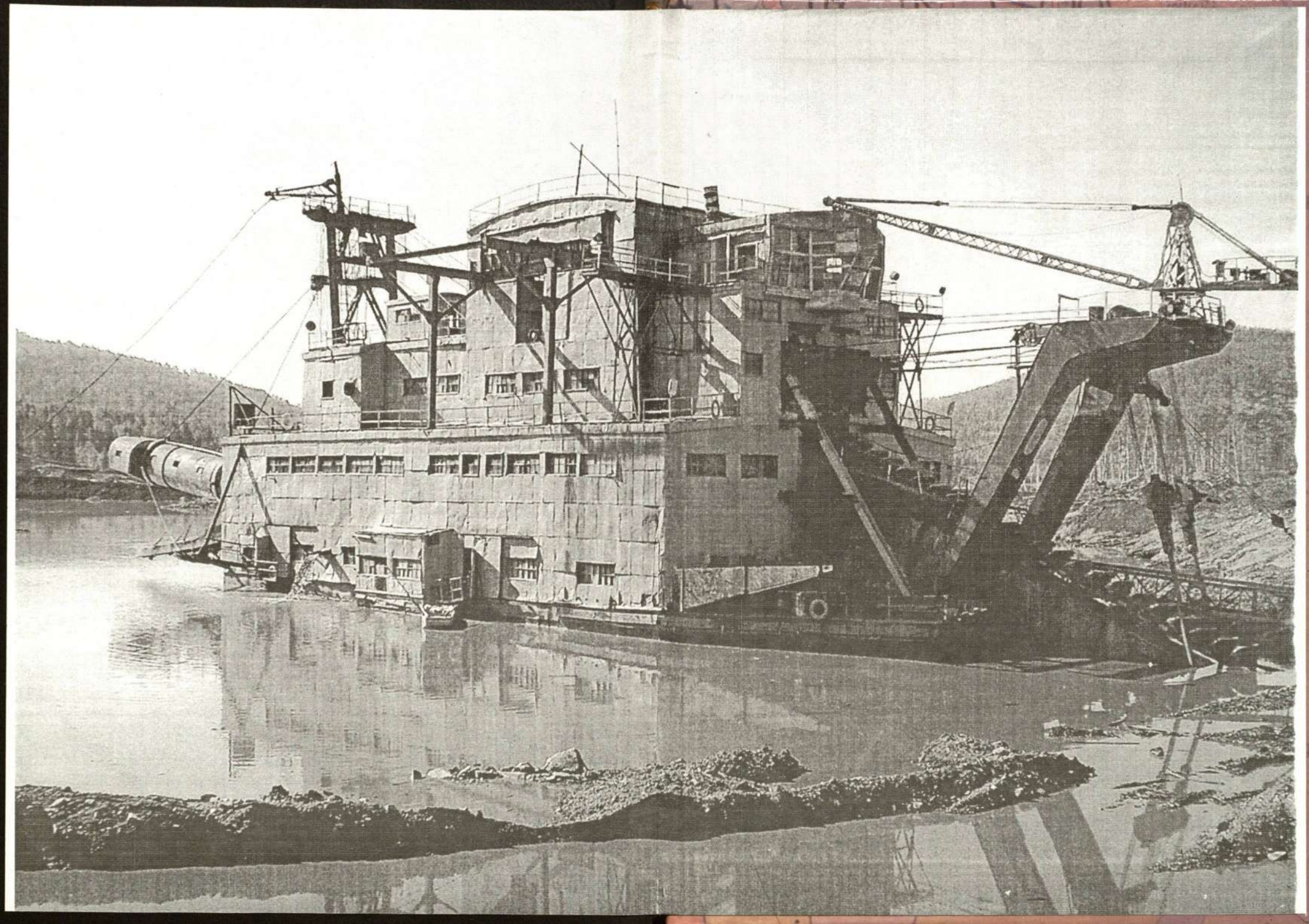
Учебное пособие
Часть I
Книга 3
Благородные металлы

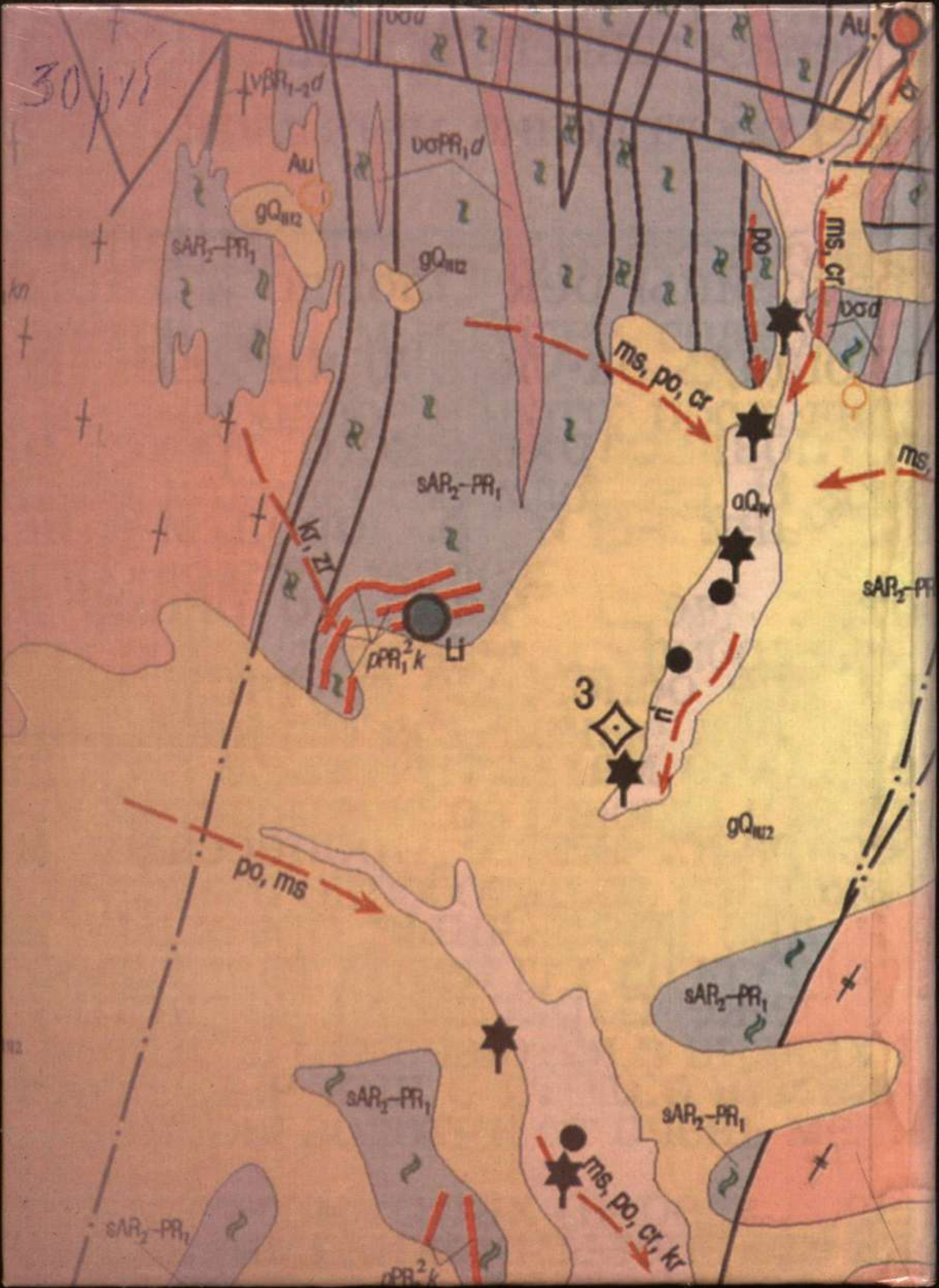
На обложке использован фрагмент геологической карты полезных ископаемых Олондинского зеленокаменного пояса [Геологическое строение и полезные ископаемые..., 2002] и фото уникальной по содержанию золота руды Тасеевского месторождения.

Редактор Т.П. Прокопенко
Компьютерная верстка Т.П. Чернова
Оформление обложки М.Г. Юргенсон

30 р

Книжное издательство «Поиск»
Подписано в печать 16.12.2008
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная.
Усл. печ. л. 14,88. Тираж 300. Заказ 29.
672027, г. Чита, ул. Смоленская, 22.
Тел. 26-59-21





Au
νβPR1–2d
υσPR1d
gQIII2
sAR2–PR1
po
ms, cr
υσd
ms, po, cr
ms
kr, zr
Li
ρPR1²k
aQIV
3
po, ms
ms, po, cr, kr