

553
Н-56

Литература

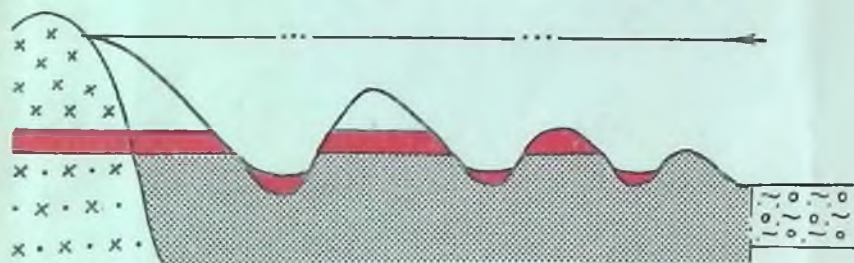


по геологии

«Наука»

Н.В.Нестеров

Способ поиска вторичных золоторудных месторождений



2003-
АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

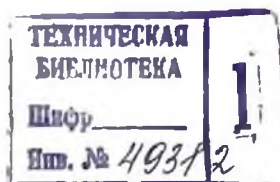
355
H-56

Геологический институт Бурятского научного центра

Н.В.Нестеров

Способ поиска вторичных золоторудных месторождений

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
Г.В. АНДРЕЕВ



МОСКВА "НАУКА"

1991

Н.В. Нестеров. Способ поиска вторичных золоторудных месторождений — М.: Наука, 1991. — 120 с — ISBN 5-02-002709-X

В монографии рассматривается проблема поиска богатых окисленных руд вторичных месторождений на основе впервые выявленного нами эффекта гипергенного обогащения рудных месторождений золота всех формаций. Существование подзоны вторичного золотого обогащения во многом определяет перспективы рудных и россыпных месторождений золота. Использован обширный фактический материал с привлечением современных методов исследований.

Рассчитана на геологов и исследователей, работающих в области поисков, разведки и эксплуатации коренных и россыпных месторождений золота.

Табл. 19. Ил. 24. Библиогр. 105 назв

Рецензенты *В.Г. Хомич, Д.И. Царев*
Редактор *Т.Б. Гришина*

The problem of discovering the reach oxidized ores of second gold-ore deposits is being considered in the monograph on the base of the effect of hypergene enrichment of ore deposits of gold for all formations that we had revealed for the first time. The existence of second gold-enrichment subzone defines in many respects the perspectives of ore and field gold deposits. The vast actual material and the modern methods of investigation were used. The monograph is intended for the geologists and investigators, who works in the field of discovering, prospecting and exploitation of root and field gold deposits.

Reviewers *V.G. Chomiish, D.I. Tsarev*
Editor *T.B. Grishina*

Научное издание

Нестеров Николая Васильевич
СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Утверждено к печати
Геологическим институтом Бурятского филиала
Сибирского отделения АН СССР

Художник *А.Г. Кобрян*
Художественный редактор *И.В. Монастырская*
Технический редактор *Х.Х. Акмаева*
Корректор *Л.М. Сахарова*

Набор выполнен в издательстве на компьютерной технике

ИБ № 46947

Подписано к печати 28.01.91. Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная № 1
Гарнитура Сов. Кириллица. Печать офсетная. Усл. печ.л. 7,5. Усл.кр.-отт. 8,0
Уч.-изд.л. 8,4. Тираж 700 экз. Тип. зак. 1094. Цена 1 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

Н 1804020000-028
042 (02)-91 369-91, 1 полугодие

ISBN 5-02-002709-X

© Издательство "Наука", 1991

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемый принципиально новый способ поиска богатых окисленных руд по своему содержанию и цели представляет естественное продолжение ранее проведенных исследований вторичных золоторудных месторождений (Нестеров, 1985). Метод базируется на основе явления регионального развития гипергенного золотого обогащения в пределах огромной высокопродуктивной на россыпное и рудное золото территории сложного по геологическому строению северо-восточного сектора Азии и поэтому может быть использован в глобальном масштабе.

Самое богатое в мире австралийское месторождение Гора Моргана и самое крупное в мире месторождение Витватерсранд Южной Африки возглавляют длинный перечень известных исключительно богатых в верхних горизонтах вторичных золоторудных месторождений (Fridensburg, 1953).

Впервые за рубежом вторичная зональность в золотоносных жилах отмечена Хохедером (Альбов, 1960) в 1859 г. в Бразилии, на руднике Атланта (США) Ю. Клайтоном (Clayton, 1877). Впервые гипергенное золотое обогащение "железной шляпы" крупного сульфидного месторождения Рио-Тинто Испании описано И. Фогтом (Vogt, 1899), затем С. Эммонсом (Emmons, 1901), А. Финлайсоном (Finlayson, 1910). Подобные месторождения описывают В. Линдгрэн (Lindgren, 1896), приводя примеры "отложения супергенного золота в нижней части зоны окисления", Ю. Макларен (MacLaren, 1908). Уместно отметить работы в этой области Посепни (Posepni, 1866), К. Вилкинсон (Wilkinson, 1867), В. Скей (Skey, 1871), Ю. Дон (Don, 1913), Х. Хувер (Hoover, 1899), К. Ван Хайс (Van Hise, 1901), Т. Рикард (Rickard, 1902), Н. Морган (Morgan, 1905), А. Винчелл (Winchell, 1908), Р. Пенроуз (Penrose, 1910), Е. Хейдк (Hedke, 1915), Н. Стоукс (Stokes, 1906), А. Брокау (Brokaw, 1910, 1913), В. Шервуд (Sherwood, 1911), К. Палмер и Е. Бастин (Palmer, Bastin, 1913), В. Эммонс (Emmons W., 1937), Х. Шнейдерхён (Schneiderhöhn, 1924), А. Бейтман (Bateman, 1942), Е. Дан (Dunn, 1929), Р. Макеу (MacKay, 1944), Х. Варен (Warten, 1978), установившего рост самородков в зоне гипергенеза, и многие другие работы.

Впервые в России это явление было описано на месторождении Березовское на Урале Д. Соколовым в 1826 г. и Колобовым в 1936 г. (Альбов, 1960). Вторичное золото в виде пленок установлено на границах псевдоморфоз бурого железняка по пириту на Урале Е.С. Федо-

ровым и В.В. Никитиным в 1899 г. Н.К. Высоцкий (1900) указывал на укрупнение в зоне окисления золота за счет миграции его в верхних горизонтах вплоть до образования крупных самородков. В.И. Вернадский (1914, 1955) отмечает, что более частые самородки и находки видимого золота в окисленных рудах объясняются гипергенным обогащением, и делает вывод, что вторичная концентрация золота в верхних частях жил выявлялась повсеместно. В работах А.Н. Заварицкого (1920), В.С. Домарева и В.И. Станкевича (1926), А.А. Амираслановой (1934, 1937), Д.К. Сулова и М.И. Меркулова (1932), Т.Н. Шадлун (1948 г.), П.М. Замятина (1929) и др. описываются вторичные месторождения по колчеданным залежам. Ю.И. Ивенсен (1938 г.) наблюдал крупные наросты гипергенного золота на гальке платины, Ф.В. Чухров (1947 г.) — пленки золота на перетолженных лимонитах, А.П. Переляев (1951) — скопления губчатого золота на гипергенной меди. На северо-востоке Азии вторичные золоторудные месторождения описаны П.П. Гудковым (1921), Э.Э. Анертом (1928), Н.Н. Горностаевым (1936) и др.

Несмотря на высокую степень изученности золотоносных провинций как северо-восточного сектора Азии, так и в целом земного шара, изложенную в известных работах зарубежных авторов (Shneiderhohn, 1924, Fridensburg, 1953; Voil, 1981 г. и др.) и советских ученых — А.Г. Бетехтин (1955), Ю.А. Билибин (1951, 1956), В.М. Крейтер и др. (1958), А.А. Маракушев (1976), В.Г. Моисеенко (1977), В.А. Нарсеев (1984), Н.В. Петровская (1973), В.И. Смирнов (1976 г.), С.С. Смирнов (1955), Л.В. Таусон (1976), А.И. Перельман (1972), Н.А. Шило (1970, 1972), Ю.Г. Щербаков (1974) и др., необходимо отметить ряд теоретических упущений исследователей, что отрицательно сказалось на методах оценки и поисков рудного золота. В частности, в работах перечисленных авторов практически не освещена роль зоны окисления в распределении золота по крупности и концентрациям в рудных телах месторождений, отсутствует увязка геоморфологических условий формирования районов во времени с развитием зон окисления в коренных источниках россыпей, так как основное внимание уделялось эндогенным закономерностям формирования и размещения золоторудных месторождений.

Зона окисления приобретает все большее теоретическое и прикладное значение при поисках и оценке вторичных золоторудных (Альбов, 1960, Нестеров, 1985, Разин и Рожков, 1966; Росляков, 1971; и др.) и россыпных месторождений золота (Желнин, 1979; Нестеренко, 1977, Шило, 1981 и др.).

В предлагаемой работе рассматривается способ поиска вторичных золоторудных месторождений, основанный на результатах фундаментальных исследований эффекта гипергенного золотого обогащения. Региональный характер развития этого явления впервые установлен автором при проведении опытно-методических работ и многолетних полевых исследований в процессе развития выделенных ранее С.С. Смирновым положений о возможности вторичного золотого обогащения.

С.С. Смирнов (1955), отдавая предпочтение сульфатной теории растворения и переноса золота в зоне окисления, сформулировал совокупность следующих шести необходимых благоприятных условий образования вторичной концентрации золота: инертность боковых пород и жильной массы; обилие пирита и других сульфидов, способных обеспечить достаточное количество H_2SO_4 , $Fe_2(SO_4)_3$; наличие марганецсодержащих минералов; дисперсность золота; хорошая водопроницаемость, допускающая относительно быструю миграцию растворов; сравнительная стабильность уровня грунтовых вод, обуславливающая длительную переработку поверхностными водами одних и тех же порций рудного материала, выщелачивание других более подвижных элементов

Разрабатываемый нами способ поиска вторичных золоторудных месторождений на основе комплексной системы критериев выделения подзоны гипергенного обогащения базируется на результатах исследований указанных С.С. Смирновым (1955) шести условий ее образования, совокупность которых возникла в кайнозое и предположительно ранее неоднократно после выхода рудных колонн на дневную поверхность.

Способ нахождения богатого горизонта окисленных руд в сохранившейся от размыва подзоне вторичного золотого обогащения включает следующий комплекс геолого-геоморфологических операций. Прежде всего на золоторудных площадях геоморфологическим картированием находят положение фрагментов древних поверхностей выравнивая как верхней границы зоны окисления или интерполируют ее по однотипным точкам геоморфологических карт с соседних площадей. Например, на месторождениях бассейнов рек Индигирки, Колымы, Алдана и Амура, в Забайкалье она колеблется в основном около абсолютных отметок 800—1200 м. Затем картированием местности или подземных выработок эксплуатировавшихся или только разведанных месторождений определяют подошву зоны окисления рудных тел или ее реликтов, определяют верхнюю границу зоны выщелачивания, которая проявляется по наличию скоплений минералов зоны гипергенеза, преимущественно переотложенного лимонита, а также скородита, малахита, видимого золота и т.д. Параллельно древним поверхностям выравнивания проводят границы зоны вторичного золотого обогащения и в этой зоне проводят комплекс разведочных исследований.

Граница зоны окисления и первичных руд находится в известных месторождениях, например, бассейнов рек Колымы на абсолютной отметке 800 м, Индигирки — 850 м, Алдана — 870 м, среднего течения Амура — 730 м и т.д. Для подтверждения ее наличия в определенном районе картированием естественных выходов в маршрутах или по ранее эксплуатировавшимся рудным телам месторождений исследуется ассоциация золота с другими минералами, с применением термического, рентгеноструктурного, химического анализов на закись, окись железа, связанной и свободной воды для диагностики лимонитов и других окисленных минералов. Одним из главных методов является изучение распределения золота по содержанию его в руде с

использованием при геометризации рудных тел сотен и тысяч химических анализов на золото. Исследуются гранулометрия, внутреннее строение и физические свойства золота первичных и окисленных руд электронно-микроскопическими методами с целью выявления внутренних структур роста золотин, изучаются физические свойства вмещающих пород и руд с точки зрения степени их раздробленности, окисления, возможных путей движения и циркуляции золотосодержащих растворов, строится профиль химического выветривания. Исследуется характер распределения золота по крупности, пробности, наличию самородков, возможной связи рудного и россыпного золота.

На основании комплексного изучения многочисленных опорных разрезов в плоскости главных жил месторождений Северо-Востока Азии нами установлено следующее.

К подзоне вторичного золотого обогащения приурочены наибольшие скопления переотложенных лимонитов (гидрогётитов, гели водной закиси железа и т.д.) по трещинам и отдельным пострудным ловушкам-карманам. Здесь же располагаются почти все без исключения "ураганные" содержания золота в руде (более 1 кг/т), все наиболее крупные выделения золота до самородков весом до 7 кг с резким повышением пробы золота.

В бортах золотоносных водотоков зоны многолетней мерзлоты в рудных телах отбивается граница первичных и окисленных руд примерно на относительном превышении 100 м над днищами долин.

При установлении нижней границы зоны окисления, а она является и нижней границей подзоны вторичного золотого обогащения, в пределах последней по сути способа закладываются буровые скважины, поверхностные и подземные горные выработки эксплуатационного сечения для целей разведки и эксплуатации.

Способ успешно апробирован проходкой большого объема подземных выработок и отработкой выявленных богатых руд на ряде золоторудных месторождений.

Таким образом, из шести выделенных С.С. Смирновым (1955) условий три являются основными благоприятными для формирования вторичных золоторудных месторождений и проявились неоднократно после выхода рудных колонн на дневную поверхность в пределах северо-восточного сектора Азии.

За 155-летнюю историю добычи золота в рассматриваемом секторе отработаны многочисленные россыпи, выявлены золоторудные месторождения и огромная масса рудопроявлений различных формаций. Безусловно многие из них подвергались в разное время оценке перспектив без учета обогащения в зоне окисления ранее известными методами, а поэтому являются огромным резервом для постановки геологоразведочных работ.

Глава I

ТИПЫ ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В результате изучения влияния гипергенных процессов на концентрацию золота в рудных телах месторождений выделенных формаций (табл. 1) установлено, что под фрагментами древних поверхностей выравнивания располагаются синхронные им зоны окисления золоторудных месторождений глубиной до 300 м. В нижней части зоны окисления впервые выявлена подзона гипергенного золотого обогащения (глубиной до 100 м с подзоной выщелачивания) разной мощности (до 250 м) с региональным характером развития, имеющая важное значение россыпеобразующей золотоносной формации и являющаяся основой повышения эффективности геолого-разведочных работ (рис. 1).

Генетическая общность гипергенных золоторудных месторождений обуславливает и совершенно специфический метод их поисков. Особенности формирования гипергенных месторождений при равных климатических, геоморфологических, тектонических условиях зависят от вещественного состава руд и морфологии первичных рудных тел. Первичные месторождения различаются по степени сульфидности руд, при этом в отдельно взятых рудных телах сульфиды распределены неравномерно. Так, в жилах убого- или малосульфидных месторождений сульфиды образуют либо приконтактные скопления, либо протяженные по падению и простираются на сотни метров

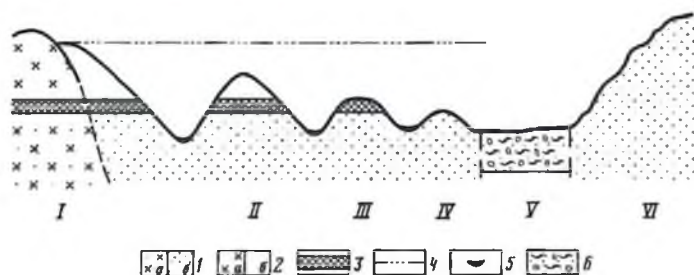


Рис. 1. Схема различных фрагментов зоны окисления с подзоной гипергенного обогащения золоторудных месторождений в их проекции на вертикальную плоскость

1, 2 — часть рудного тела в породах 1 — неокисленная, а — изверженных, б — осадочных, 2 — окисленная, а — изверженных, б — осадочных; 3 — подзона вторичного золотого обогащения; 4 — древняя поверхность выравнивания, синхронная с зоной окисления; 5 — россыпь золота; 6 — рыхлые отложения впадины; I—VI — номера фрагментов сохранности и среза вторичного золотого обогащения

Т а б л и ц а 1

Золотоносные формации Северо-Востока Азии по вещественному составу, морфоструктурным и генетическим признакам

Рудная формация	Минеральный тип	Характерная минеральная ассоциация	
Плутогенные	Малосульфидная золото-кварцевая	Арсенопиритовый	Ассоциация раннего кварца с хлоритом, пирит-арсенопиритовая, кварц-альбит-мусковитовая, халькопирит-сфалерит-галенитовая, галенит-тетраэдрит-бурнонитовая, сульфид-антимонитов Рb, кварц-карбонат-хлоритовая и кварц-антимонитовая (по Г. Н. Гамянину)
		Пиритовый	Ранняя кварц-сульфидная, поздняя кварц-сульфидная (продуктивная), поздняя кварцевая (по А. И. Казарину)
	Умеренно сульфидная золото-кварцевая	Полиметаллический сульфидный	Пирит-анкеритовая, шестоватого кварца, гематита, рисовидного кварца, полиметаллических сульфидов, золота, поздних карбонатов (по Н. В. Петровской)
		Висмутовый	Турмалин-магнетитовая, кварцевая с сульфидами, висмутин-халькопиритовая, пирит-арсенопиритовая, полиметаллическая, антимонитовая с халцедоноидным кварцем (по Л. П. Гурову)
	Антимонитовый	Пирит-кварц-анкеритовая, сульфидантимонит-анкеритовая, арсенопирит-кварцевая, золото-кварц-антимонитовая (по Л. Н. Индолеву)	
Существенно сульфидная колчеданная	Пиритовый	Кварц-пиритовая, сульфидно-карбонатная, теннантит-галенит-кварц-карбонатная, халькопирит, галенит-сфалерит-карбонатная (по Г. А. Феофилактову, С. А. Гурулеву и др.)	
Вулканогенная	Малосульфидная золото-серебряная	Золото-сульфоантимонитовый, золото-аргентитовый с родонитом, золото-сфалерит-галенитовый, золото-аргентитовый с адуляром (по Н. А. Шило, А. А. Сидорову, В. И. Гончарову и др.)	Метасоматического кварца, золото-адуляр-кварцевая, кварц-карбонатная, тонкозернистого кварца, адуляр-кварцевая, кварц-родонитовая, кварц-сульфидная, гребенчатого кварца, метаколлоидного и колломорфного кварца, золото-галенит-кварцевая, сульфидно-карбонатная, барит-халцедоновая

прожилки, представляющие собой фактически существенно сульфидные руды. Более наглядно это проявляется в месторождениях с умеренно сульфидными рудами

В связи с перечисленными особенностями представляется наиболее целесообразным в практическом отношении систематику вторичных золоторудных месторождений строить на основе морфологических признаков. Исходя из чего с целью последующего обосно-

Структурно-морфологический тип	Вещающие породы	Области развития золотоносных формация
Минерализованные зоны дробления	Различные сланцы, песчаники	Северо-Восток СССР, Якутия, Забайкалье
Жильные тела		Дальний Восток, Северо-Восток СССР, Забайкалье, Якутия
Залежи, жильные тела	Доломитизированные известняки, песчаники, конгломераты	Якутия
Минерализованные дайки	Различные сланцы	Дальний Восток, Северо-Восток СССР, Якутия
Жилы, сопряженные с залежами	Доломитизированные известняки, кристаллические сланцы, гнейсы, граниты, сиениты	Забайкалье, Дальний Восток, Якутия
Жильные тела	Кристаллические сланцы, гнейсы, гранодиориты, монзониты	Приамурье, Забайкалье, Якутия
Жильные тела, минерализованные зоны дробления	Различные сланцы	Якутия, Дальний Восток, Забайкалье
Залежи	Рассланцованные порфиры, брекчированные доломиты	Западное Забайкалье, Дальний Восток
Жильные тела, штоки и зоны штокверкового прожилкования	Гранит-порфиры, интрузивные андезиты, липариты, дациты, игнимбриты, трахиты, туфонгнимбриты, песчаники, сланцы	Восточно-Азиатский вулканогенный пояс, Приамурье, Забайкалье

вания метода поиска и разведки все золоторудные вторичные месторождения можно разделить на четыре типа: жильные, жильные, сопряженные с залежами; карстовые образования и минерализованные зоны дробления. Особо выделяются месторождения "железной шляпы", развивающиеся по существенно сульфидным рудам колчеданных залежей. На конкретных примерах следует рассмотреть типовые черты вторичных гипергенных золоторудных месторождений.

Этот тип месторождений по литературным данным пока встречен только в пределах северо-восточного сектора Азии, а поэтому заслуживает подробного рассмотрения типоморфных черт первичных и окисленных руд и условий их залегания.

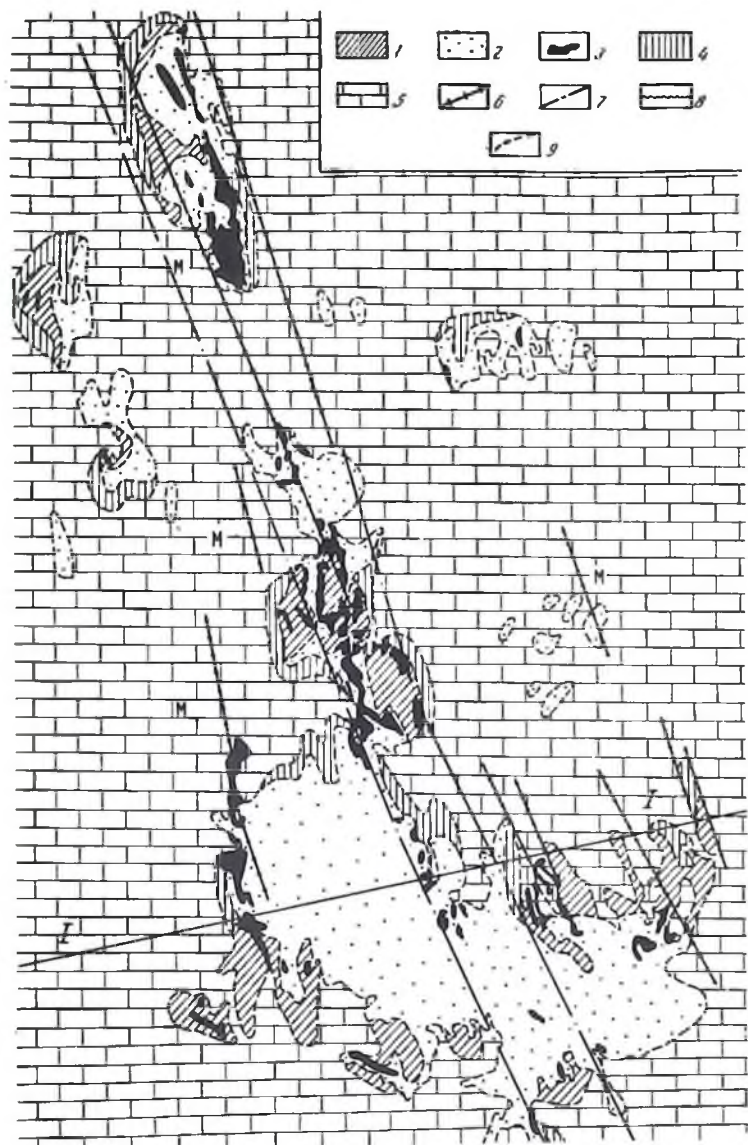
Месторождения рудного поля располагаются в приконтактовой части карбонатных толщ нижнего кембрия и терригенных отложений нижней юры (рис. 2). Определение формационной принадлежности и генезиса первичных руд месторождений усложнено интенсивно проявленными процессами гипергенных изменений, результатом которых явилась почти полная их переработка с сохранением первичного состава в редких останцах и реликтах.

Нижнекембрийские существенно карбонатные отложения в пределах рудного поля имеют мощность около 600 м, залегают с пологим наклоном к северу и подразделяются на пять свит. Юрские песчаники залегают в основном на различных горизонтах верхней пятой, реже предпоследней четвертой свиты. Поэтому для характеристики условий рудоотложения наибольший интерес представляют их литология и петрография.

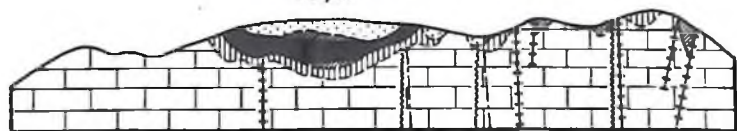
Предпоследняя четвертая свита мощностью 115—170 м сложена главным образом известняками, глинистыми доломитами и мергелями. Верхняя пятая свита мощностью 107 м представлена темно-серыми и серыми битуминозными известняками и доломитами, иногда детритусовыми, брекчиевидными и комковатыми с характерными светлыми разводами и пятнами, обусловленными доломитизацией и перекристаллизацией известняков. Свита нижней юры залегает на нижнекембрийских отложениях с заметным размывом и незначительным (1—3°) угловым несогласием. Разрез нижнеюрской свиты начинается с невыдержанного маломощного (0,5—1,0 м) горизонта конгломератов, сменяющихся аркозовыми, реже существенно кварцевыми песчаниками, также содержащими протяженные линзы и прослои конгломератов и гравелитов. Отложения свиты в виде отдельных реликтов в пределах рудного поля редко достигают мощности 28 м, а в основном породы свиты представлены элювиально-делювиальными развалами. В самых низах свиты (возможно, на контакте с нижнекембрийскими известняками) отмечен горизонт литофицированной коры

Р и с . 2. Схема геологического строения рудного поля вторичных золоторудных месторождений в карстах, образованных по первичным малосульфидным месторождениям По данным Ф. А. Трифонова и П. И. Барановского с дополнениями автора

1, 3, 4 — отложения карстовых полостей, слабозолотоносный материал доюрской (1) и современной (4) кор выветривания со скоплениями повышенной золотоносности (3); 2 — нижнеюрские песчаники и конгломераты (в основном в элювиально-делювиальных развалах) со слабой золотоносностью; 5 — карбонатные породы нижнего кембрия, 6 — позднеюрские керсантитовые дайки (MZ_K) и лакколитообразные тела, дайки сиенит-порфиоров и авгит-биотитовых порфиоров (MZ_H); 7 — тектонические нарушения; 8 — рудопроводящие каналы, выполненные малосульфидным жильным материалом; 9 — геологические границы



Разрез I-I



выветривания мощностью 1,0—1,5 м своеобразных туфовидных брекчий, сложенных полимиктовыми, в том числе эффузивными, обломками и калишпатово-кремнистым цементом. Для конгломератов нижнеюрской свиты характерна несортированная, обычно хорошо окатанная галька, в которой преобладают кварциты, но нередко в изобилии встречаются гальки трахитовых порфиров (ортофиров).

Кембрийские и юрские отложения около контакта заметно окварцованы, фельдшпатизированы, пиритизированы, гематитизированы, реже флюоритизированы. Более часто фельдшпатизация наблюдается в известняках, обогащенных терригенным материалом. Вторичные изменения пород объясняются процессами их эпигенеза, низкотемпературного метасоматоза и гипергенного преобразования.

Магматические факторы имеют важное значение в распределении месторождений, хотя магматические породы и пользуются ограниченным распространением в пределах рудного поля. Они представлены единичными маломощными пластовыми телами, штоками и дайками биотит-пироксеновых и роговообманковых сиенит-порфиров, керсантитов, ортофиров, бостонитов и минетт.

Дайки, как и рудные зоны, имеют близмеридиональное простирание, крутое восточное падение, прослеживаются на многие километры и имеют мощность от 0,5 до 6 м с раздувами до 50 м. Пространственно и структурно они тесно связаны с рудными залежами, контролируются теми же разрывными нарушениями, что и залежи. Геофизическими исследованиями В.А. Абрамова установлено пересечение рудных залежей дайками под острым углом. Породы дайковой серии по минеральному составу разделяются на зеленовато-серые биотит-роговообманковые сиенит-порфиры, керсантиты и светло-желто-розовые ортофиры, часто образующие сложные тела. Постмагматические изменения проявлены в карбонатизации и хлоритизации пироксена, опациитизации и фукситизации биотита. Интенсивно выветрелые разности представляют собой глинистую сыпучку темно-зеленого цвета с обильным количеством чешуй биотита и реликтами каолинизированного калиевого полевого шпата. Гидротермальные процессы в интрузивных породах проявлены калишпатовым и кварцевым метасоматозом (развитие "рисовидного" кварца), пиритизацией с золоторудной минерализацией. Своеобразные вторичные изменения отмеченных интрузивных пород рассматриваются как поисковый критерий месторождений.

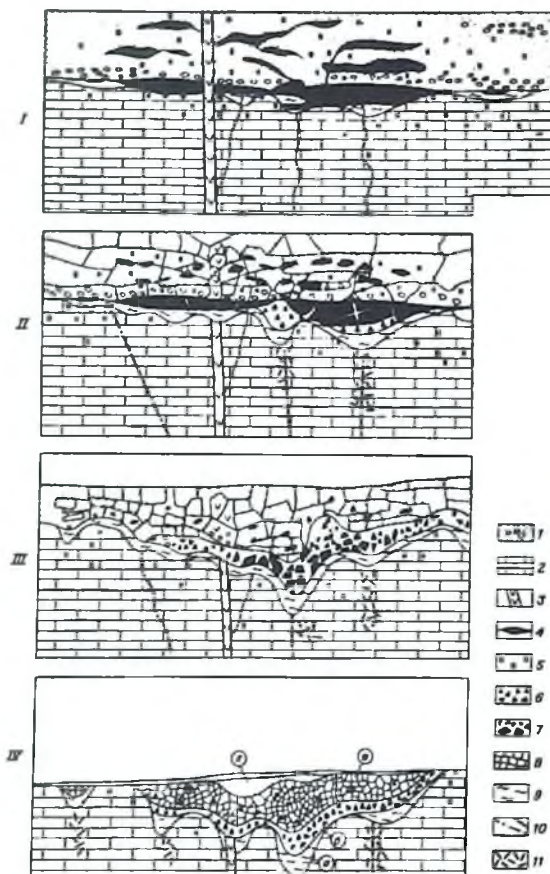
Структурные поисковые критерии оруденения карстового типа определяются приуроченностью рудного поля к грабену, размещением рудных тел в юрских и кембрийских отложениях и рудоконтролирующей ролью субмеридиональных и северо-западных разломов. Месторождения концентрируются на пересечениях продуктивного горизонта крутопадающими дизъюнктивами. Мощность развития оруденения в кембрийских породах распространяется на 40—50 м ниже их кровли. В.А. Биланенко в 1963 г. подчеркивал сложное сочетание форм залежей и многоярусности их в низах юрских отложений. Характерная особенность структуры рудного поля — его блоковое строение, что отражает существенную роль блоковых перемещений

при активизации платформенных структур. Установлено ступенчатое опускание блоков от южного и северного флангов поля к его центру, к осевой части синеклизы. Блоковыми перемещениями осложнены крылья синеклизы, установленной по падению кембрийских отложений к ее центру под углом $2-3^\circ$. При этом граница юрских и кембрийских отложений имеет падение $1-1,5^\circ$, чем фиксируется их незначительное угловое несогласие.

На рудном поле установлены нарушения близмеридионального, северо-западного и северо-восточного направления. К близмеридиональным нарушениям 350° простирания приурочено большинство рудоносных карстов и даек, что дает основание считать их рудо-подводящими. К пересечениям их с северо-западными дизъюнктивами приурочены раздувы рудных тел и даек, что определяет дорудный их характер. В местах развития северо-восточных нарушений фиксируется уменьшение размеров рудных тел, их "растаскивание" пострудными подвижками. Карстовые образования, развитые вдоль северо-восточных нарушений, как правило, не несут признаков оруденения. Эти разности, по А.А. Фельдману, четко прослеживаются на аэрофотоснимках как в кембрийских, так и в юрских отложениях, тогда как близмеридиональные и северо-западные нарушения под покровом юрских песчаников обычно не фиксируются. Тектонические разрывы, дайки, приуроченность к контакту юрских и кембрийских отложений — все это является одним из важнейших критериев выявления золотого оруденения карстового типа.

Первоначальная форма первичных рудных тел месторождений (рис. 3) предполагается как пластообразная в виде залежей, иногда, вероятно, достаточно сложной формы. Однако эта форма претерпела значительные изменения в процессе выветривания и карстообразования и в настоящее время определяется, прежде всего, очертаниями и размерами рудоносных карстовых воронок.

Широкое развитие карстообразования в неоген-раннеплейстоценовое время в течение миллионов лет развития одновременной поверхности выравнивания предопределило миграцию массы тонкодисперсного золота первичных руд, его укрупнение в гипергенных условиях и накопление в узком вертикальном интервале современных абсолютных отметок $550-600$ м (что соответствует палеоуровню грунтовых вод). Карстовые воронки претерпели дальнейшее развитие и проседание в течение четвертичного периода в условиях долголетней мерзлоты, когда выветривание практически было законсервировано. Карстовые воронки достаточно сложно построены, содержат разрушенные и перемещенные рудные залежи. Карсты как рудоносные, так и безрудные содержат значительное число блоков и останков выветрелых известняков. В результате могут быть выделены карстовые воронки различных конфигураций и размеров. Наблюдается несколько форм выветривания пород, конвергентных по ряду признаков от выветривания *in situ* до полного перемешивания в карстах. Формы эти следующие: 1) зоны (блоки) выветрелых *in situ* известняков; 2) тектонически опущенные блоки выветрелых юрских песча-



Р и с. 3 Схема формирования вторичных карстовых золоторудных месторождений в коре выветривания

I—IV — этапы: *I* — образования первичных малосульфидных рудных тел, *II* — закрытое карстование, *III* — открытое карстование; *IV* — современное состояние рудных тел: *а* — материал доюрской коры выветривания, *б* — глинистые карстовые отложения, продуктивный горизонт, *в* — глинисто-песчанистые карстовые отложения, *г* — сильно измененные нижнеюрские песчаники

1 — песчаники с прослоями конгломератов (J_1); *2* — известняки и известковистые доломиты (E_1); *3* — дайки и пластовые тела сложного состава; *4* — первичные рудные залежи кварц-пиритового состава; *5* — окварцевание и пиритизация; *6* — обломки и глыбы окисленной руды с лимонитом в темно-бурой и красноватой глинисто-рудной массе; *7* — песчано-глинистые рудоносные массы с обломками окисленной руды и песчаников; *8* — обломки песчаников и конгломератов с глиной и песком (карстовые отложения); *9* — желтоватые и бурые глины доюрской коры выветривания; *10* — тектонические трещины; *11* — трещиноватые зоны

ников; 3) собственно карстовые структуры, выполненные обломками и глыбами известняков, песчаников и метасоматитов в лимонитопесчано-глинистой массе; 4) карстовые воронки, выполненные обломками, глыбами и, вероятно, непеременными блоками брекчированных метасоматитов; 5) лимонитизированные метасоматиты, расположенные целиком в пределах юрских песчаников.

Степень золотоносности находится в прямой зависимости от интенсивности химического выветривания руд и пород, так как промышленная ценность месторождения связана с процессами гипергенеза.

Кроме общей приуроченности перечисленных структур к дизъюнктивным нарушениям, некоторые особенности свидетельствуют о значительной роли трещинной тектоники при их формировании. Так, границы карстовых воронок часто приурочены к тектоническим трещинам. Крутые трещины, ограничивающие блоки юрских песчаников, сопровождаются дроблением и ожелезнением пород. Тела метасоматитов залегают нередко в нарушенных (наклонных) слоях песчаников, смятых в мелкие складки вблизи разрывов.

Карстовые воронки группируются в протяженные (до нескольких километров) зоны шириной 300—500 м, "нанизанные" на дизъюнктивные нарушения, или сложные карстовые зоны, приуроченные к серии сближенных нарушений и зонам трещиноватости. Отдельные воронки, по Ю.С. Маслову, имеют щелевидную, чашеобразную или сложную ступенчатую форму.

Рудные залежи в коре выветривания имеют лентообразные, линзовидные и пластообразные формы с достаточно извилистыми контурами, повторяющими очертания карстов. По мере углубления эрозионного среза размеры залежей уменьшаются, форма их усложняется. Наиболее продуктивными обычно являются средние части карстов (20, 30, 40 м от поверхности), реже, при значительной их эрозии, верхние части.

Принципиальный профиль выветривания сверху вниз выглядит следующим образом (до 110 м от поверхности):

- 1) песчаная сыпучка по юрским песчаникам — доли метра;
- 2) делювиально-элювиальные развалы юрских песчаников, гравелитов и конгломератов — первые метры;
- 3) бурые песчано-глинистые отложения с обломками юрских песчаников — метры—десятки метров;
- 4) каолиновые глины с обломками песчаников, кварцитов и известняков — первые метры;
- 5) пестроцветные песчано-глинистые массы с обломками метасоматитов, сиенит-порфиоров, брекчий, кварцитов, песчаников и известняков — десятки метров;
- 6) серо-желтые глины с обломками известняков — метры;
- 7) серо-желтые глины с реликтовой слоистостью кембрийских пород — первые метры;
- 8) плотные слабо выветрелые карбонатные породы.

Указанные образования сменяют друг друга как по вертикали, так и по горизонтали — от внутренних участков воронок к их периферии.

Карстовые полости имеют четырехчленное строение (см. рис. 3) включая: а) продукты древней (доюрской) коры выветривания, б) глинистые карстовые отложения доверхнечетвертичной коры выветривания (продуктивный горизонт), в) глинисто-песчанистые карстовые отложения с материалом современной коры выветривания, г) измененные юрские песчаники. Максимум содержания золота на всех месторождениях установлен в горизонте вишневой супеси на границе карстовых образований (б) и (в), в 10—30 м от дневной поверхности.

Важнейшими поисковыми признаками оруденения карстового типа на конечном этапе поисков являются развалы, обломки первичных или выветрелых существенно кварцевых и калишпат-кварцевых гидротермально-метасоматических образований (метасоматитов) по кембрийским, юрским осадочным породам и дайкам.

Первичные руды месторождения были представлены мощными залежами калишпатовых и кварцевых метасоматитов. Калишпатовые метасоматиты являются наиболее распространенными. Они образовались преимущественно по известнякам и песчаникам, реже по керсантитам. Представляют собой тонкозернистые породы, производные первой слабозолотоносной стадии калиевого метасоматоза.

Кварцевые метасоматиты образовались по битуминозным известнякам, песчаникам и калишпатовым метасоматитам; они являются производными второй высокопродуктивной стадии сульфидно-кварцевого метасоматоза. Широкое распространение руд брекчиевых структур, обломки которых состоят из калишпатовых метасоматитов и осадочных пород, а цемент — из бесцветного кварца, свидетельствует о существовании внутрирудного непродуктивного этапа окварцевания, который разделяет слабозолотоносную и высокопродуктивную стадии метасоматоза. Химический состав обеих разновидностей метасоматитов приводится в табл. 2, спектральный полуколичественный — в табл. 3.

Агрегаты кварца сложены тонкозернистыми рисовидными, среднезернистыми или крупнозернистыми булавовидными и изометричными разновидностями. Первичный состав пород может быть установлен по их реликтам, сохранившимся между кварцевыми агрегатами. Характерная особенность метасоматитов по карбонатным породам — постоянное присутствие рассеянного пирита. Калишпатовые участки (с адуляром) встречаются в виде реликтов внутри кварцевых агрегатов в силу раннего (и более слабого) проявления калишпатизации.

Окварцевание песчаников сопровождается выщелачиванием калишпатовых песчинок и новообразованием адуляра. Своеобразные метасоматиты развились по послеюрским брекчиям, включающим обломки кембрийских известняков и юрских песчаников.

Морфологические разновидности метасоматического кварца соответствуют разным генерациям, хотя в отдельных случаях одна и та же генерация может быть представлена разнозернистыми агрегатами. Образование метасоматитов по существенно кварцевым породам сопровождается перекристаллизацией первичного кварца, по алюмосиликатным породам — переходом калиевого полевого шпата в адуляр.

Повышенное содержание теллура отмечено в метасоматических

Таблица 2

Химический состав метасоматитов (в мас. %) месторождений карстового типа
(по данным Л.В. Разина и И.С. Рожкова)

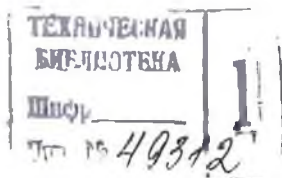
Компоненты	Метасоматиты			
	кальциплатовые	кварцевые	кварцевый	кальциплатовый из экзоконтакта керсантитовой дайки
SiO ₂	65,80	81,68	48,16	64,15
TiO ₂	0,27	0,30	0,11	0,48
Al ₂ O ₃	14,19	0,41	5,31	15,51
Fe ₂ O ₃	2,68	3,5	6,12	3,20
FeO	3,89	11,18	32,29	2,13
MnO	Не обн.	0,06	0,05	Не обн.
CaO	0,2	0,33	0,6	3,42
MgO	Не обн.	0,44	0,07	0,78
K ₂ O	11,49	0,24	Не обн.	6,16
Na ₂ O	0,05	0,03	0,02	0,96
P ₂ O ₅	0,08	Не обн.	0,21	0,06
CO ₂	0,56	То же	0,16	Не опр.
H ₂ O ⁺	1,05	-	6,48	2,57
Сумма	100,26	98,32	99,58	99,42
Au	0,00041	0,00068	0,00059	0,00009
Cu	0,006	0,007	0,011	0,0021
Zn	0,012	0,012	0,014	0,006

Примечание. SO₃ не обнаружено; золото определялось дитизионовым, медь и цинк — полярографическим методами.

Таблица 3

Результаты спектрального полуколичественного анализа метасоматитов (в %) (по данным Л.В. Разина и И.С. Рожкова)

Элементы	Метасоматит		Элементы	Метасоматит	
	кальциплатовый (среднее по 34 анализам)	кварцевый (среднее по 52 анализам)		кальциплатовый (среднее по 34 анализам)	кварцевый (среднее по 52 анализам)
Ag	Не обн.	0,0003	V	0,003—0,008	0,003—0,008
Pb	То же	0,005—0,01	Ti	0,1—0,3	0,1—0,3
Mo	-	0,005—0,01	Mn	0,001—0,005	0,03—0,05
La	0,003	Не обн.	Zr	0,05	Не обн.
Co	Не обн.	0,001—0,003	Sr	Не обн.	То же
Ni	0,005	0,005—0,01	Ba	0,005	0,01—0,05
Cr	0,001—0,005	0,001—0,005	Be	0,0003	Не обн.



Т а б л и ц а 4

Вещественный состав окисленных руд месторождений карстового типа

Минералы	Кварцевые метасоматиты						Обломки боковых пород					
	гипогенные			гипергенные			гипогенные			гипергенные		
	Н	Р		Н	Р		Н	Р		Н	Р	
Главные	Кварц, адуляр	Пирит		Каолинит, галлуазит	Гидрогётит, гидрогематит Гётит, гематит		Кварц Микроклин		Каолинит, гидрослюда			
Второстепенные		Марказит										
Примесь	Кальцит, ортоклаз, серпентин, мусковит, флюорит	Пирротин, халькопирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, блеклая руда, магнетит, самородные золото, серебро и висмут, магнетит, ильменит, валлернит, борнит, антимонит	Кальцит, барит, гипс, халцедон, видный кварц, самородная сера	Кальцит, мусковит, диопсид, роговая обманка, графит, турмалин, кванцит, циркон, рутил, циртолит	Гидроокислы и окислы Mn* марказит*, пирит, кварц, малахит, азурит*, ковеллин, халькозин*, самородные медь и золото*	Кальцит, мусковит, диопсид, роговая обманка, графит, турмалин, кванцит, циркон, рутил, циртолит	Пирит, магнетит, молибденит, халькопирит*, пирротин*, галенит*, сфалерит*, золотопирит*	Бейделлит, кальцит	Гидроокислы и окислы Fe и Mn, барит*, гипс*, хальцедон, видный кварц, самородное золото			

Примечание. *Минералы, установленные автором; остальные — данные А.И. Казаринова. Н — нерудные, Р — рудные.

залежах брекчиевидной текстуры среди первичных малосульфидных руд. По данным технологических исследований установлена прямая зависимость между содержанием золота и теллура. По количеству сульфидов первичные руды карстовых месторождений относятся к малосульфидной формации, а по составу минеральных ассоциаций характеризуются относительно низкотемпературными условиями образования.

Самым распространенным рудным минералом первичных руд и метасоматитов карстовых месторождений является пирит, который представлен двумя генерациями. Пирит I раздроблен и цементируется пиритом II или пересекается его прожилками. Последний образует иногда каймы вокруг пирита I. Пирит I отличается от пирита II большим разнообразием элементов-примесей и более высоким содержанием золота.

Из других рудных минералов в метасоматитах установлены марказит, пирротин, халькопирит, магнетит, галенит, сфалерит, арсенипирит, блеклая руда, золото и др. (табл. 4). Большинство сульфидов ассоциируется с пиритом, образуя выделения, редко превышающие 0,05—0,1 мм. Сфалерит в виде тончайшей эмульсионной вкрапленности присутствует в халькопирите и пирротине. Иногда в нем наблюдается эмульсионная вкрапленность халькопирита. Блеклые руды в виде тончайших эмульсионных выделений наблюдаются в пирите и халькопирите.

Самородное серебро встречается крайне редко в виде мелких (0,004—0,2 мм) включений в ассоциации с самородным висмутом и халькопиритом в пирротине.

Самородное золото в первичных метасоматитах встречается с пиритом. Пирит I ранней кварцево-сульфидной ассоциации содержит только тонкодисперсное золото. Более крупные выделения золота связаны с пиритом II и сульфидами поздней кварцево-сульфидной ассоциации, выделенной А.И. Казариновым в 1963 г., которая характеризуется повышенным содержанием благородного металла. Присутствие видимых включений самородного золота в кварце наблюдается редко; по отношению к кварцу золото ксеноморфно.

По данным других авторов и нашим исследованиям, установлена очень низкая частота встречаемости видимого под микроскопом золота в пирите. С.В. Яблокова при просмотре с большим увеличением 60 шлифов из богатых кварцево-сульфидных руд и 20 монтировок из сульфидного концентрата обнаружила лишь одно каплевидное выделение золота в пирите размером 0,036 мм и несколько еще более мелких включений в "рисовидном" среднезернистом кварце. Ею в результате селективного растворения серной кислотой мономинеральной навески пирита весом 190 г с тем же содержанием золота, по данным химического анализа, удалось выделить 26 золотин. Наиболее крупная из них имела размер 0,25×0,25 мм, размеры остальных не превышали 0,05 мм. Приведенные данные убедительно показывают, что в первичных рудах месторождений карстового типа преобладает субмикроскопическое тонкораспыленное в сульфидах золото.

Золото первичных руд отличается низкой пробой. По методике, разработанной в ЦНИГРИ П.С. Бернштейном, основанной на сравнении отражательной способности исследуемых и эталонных образцов, она равна 700—720. Определение пробы с помощью локального микро-спектрального анализа, проведенного Н.Г. Коренновой (ЦНИГРИ), установило изменение пробы в пределах 720—820. Некоторое повышение пробы может быть связано с попаданием на анализ участков из межзерновых высокопробных прожилков, которые образуются в золотине в результате гипергенных преобразований.

Максимальная глубина известных карстовых полостей на рудном поле составляет 120 м. При этом большинство полостей относится к эродированному карсту, который обнажается на современном эрозионном срезе и сопровождается механическими и солевыми ореолами рассеяния золота. Карстовые полости, по Ю.С. Маслову, подразделяются на следующие группы: а) воронкообразные и щелевидные, глубина которых в 3—4 раза превышает ширину; б) блюдцевидные и чашеобразные, глубина которых либо равна ширине, либо в 2—3 раза меньше ее; в) сложного строения — долинного и котловидного типов со ступенеобразными бортами. Карстовые полости в различном сочетании образуют субмеридиональные карстовые зоны.

Золотоносным является материал преобразованной коры выветривания (отложения карстовых полостей), а месторождения, как правило, приурочены к ее нижнему слою (см. рис. 3). Характеризуемые образования на 40—45% состоят из глыбово-обломочного материала сильно обохренных первичных руд с примесью известняков и песчаников, либо без наполнителя, либо беспорядочно расположенных в массе вязких глин и илов с примесью суглинки, супеси и песка. В ряде случаев отмечаются и полости карста.

Гранулометрический состав общей массы смешанный, но местами тонкодисперсный. Среди рыхлых отложений находятся продукты дочетвертичной преобразованной (остаточной по юрским породам) и доюрской (остаточной по нижнекембрийским известнякам) кор выветривания. Окраска глинисто-песчаных образований желтая, оранжевая, пурпурная, коричневая, вишневая и фиолетовая, что обусловлено гипергенной лимонитизацией. В ряде случаев заметна тонкая горизонтальная слоистость, связанная с изменением состава глины и присутствием прослоек песка и ила.

По минеральному составу глины дочетвертичной преобразованной коры выветривания подразделяются на гидрослюдисто-каолинитовые (присущие песчано-глинистым рудоносным массам) и каолинитовые (свойственные вышележащему слою). В первых встречаются скопления галлуазита и примесь монтмориллонита, во вторых — неправильные частицы гидрослюды и каолинита, удлиненно-трубчатые кристаллы галлуазита и аноксита. По данным исследований В.В. Ладейщикова (ИРГИРЕДМЕТ), спектральным полуколичественным анализом в глинах установлено содержание кремния, алюминия, железа, калия, магния, титана и кальция, натрия, марганца и бария,

Т а б л и ц а 5

Химический состав окисленных руд (в %) месторождения (1—3) карстового типа

Компоненты	Месторождения (залези)		
	1	2	3
SiO ₂	56,66	78,40	66,12
Fe ₂ O ₃	5,52	8,71	10,00
FeO	1,88	—	0,95
Al ₂ O ₃	8,80	7,32	11,49
CaO	9,08	1,41	0,85
MgO	1,50	0,54	0,65
K ₂ O	3,04	1,60	4,10
Na ₂ O	0,15	Нет данных	0,12
TiO ₂	0,40	0,37	0,58
MnO	0,07	Не обн.	0,25
V ₂ O ₅	0,02	То же	0,05
Cu	Не обн.	0,18	—
S _{общ.}	То же	0,13	—
As	—	0,19	—
Sc	0,001	0,0009	—
Tc	0,0005	0,000012	—
П.п.п.	12,20	—	4,40
Au*	3,70	8,0	3,9
Ag*	4,80	5,2	10,0

* В усл. ед.

Примечание. Данные технологических исследований В. В. Ладейщикова (ИРГИРЕДМЕТ), 1961 г.

следы серебра, свинца, никеля, меди, кобальта, хрома, ванадия, галлия, стронция и бериллия.

Тонкие фракции глинистого материала состоят из кварца (до 30%), мусковита, гидрослюда, лимонита, в незначительном количестве присутствует полевой шпат, фракции более 0,001 мм и тяжелые фракции состоят из гидроокислов железа, а также циркона, рутила, граната и магнетита. Химический состав руд из месторождения карстового типа приведен в табл. 5.6.

На месторождении Четвертом нами прослежен с запада на восток по северной стенке карьера разрез рыхлых отложений на глубину 2,4 м. По вещественному составу в нем выделяются три слоя, каждый из которых опробован через 1 м. Нижний рудоносный слой сложен ярко-красными и вишневыми глинами со щебенкой песчаников и обломками кварц-пиритовой окисленной руды. Термический анализ глинисто-щебенистого материала показал преобладание каолинита и лимонита, в единичных пробах отмечены монтмориллонит, гидрослюда, галлуазит и магнетит. На восточном фланге разреза этот горизонт перекрыт желтым глинистым материалом со щебенкой светло-серого кварца и песчаников (горизонт С). Такой состав позволяет

Т а б л и ц а 6

Химический состав руд (в мас. %) месторождения карстового типа

Порода	Оксиды и элементы			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
Кварц-лимонитовая	80,4	5,35	0,50	Сл.
Лимонит-кварцевая	73,0	13,72	0,28	"
Кварцевая слабо пиритизированная	84,6	Сл.	1,19	"
Сильно окисленная кварц-сульфидная	80,9	4,73	3,41	1,38
Кварцевая с кварцевой сыпучкой	94,0	0,10	1,90	0,07
То же	90,8	3,20	3,92	0,35
Кварцевая сыпучка	86,6	2,00	8,97	0,42
То же	89,4	2,52	3,14	0,56
"	88,7	4,65	3,02	0,52
То же с глиной и лимонитом	66,7	7,38	4,48	0,12
Песчано-глинистая окварцованная	49,0	14,66	0,55	Сл.
Глинистая окварцованная	39,2	19,16	0,83	"

Т а б л и ц а 7

Химический состав руд (в мас. %) из верхних горизонтов рудоносной коры выветривания месторождения карстового типа

Компоненты	Горизонт В	Горизонт С	Рудоносная кора
SiO ₂	65,80	90,75	78,25
TiO ₂	0,42	Не обн.	0,19
Al ₂ O ₃	12,10	2,44	7,02
Fe ₂ O ₃	8,96	4,25	10,15
FeO	0,35	0,43	0,35
MnO	0,05	0,02	0,04
MgO	1,33	0,38	Не обн.
CaO	1,22	0,36	0,48
Na ₂ O	0,82	0,05	0,06
K ₂ O	3,44	0,36	1,04
H ₂ O ⁺	4,49	1,12	4,94
Li ₂ O	0,01	0,014	0,01
Rb ₂ O	0,1	0,002	0,004
C ₂ O	Не обн.	Не обн.	Не обн.
P ₂ O ₅	0,14	0,07	0,14
SO ₂	Не обн.	Не обн.	Не обн.
S _{общ}	То же	То же	То же
П.п.п.	0,44	"	"
Сумма	99,58	100,24	100,27

Примечание. Анализы выполнены в химико-аналитической лаборатории ИГ ЯФ СО АН СССР; аналитик Николаева, 1975 г.

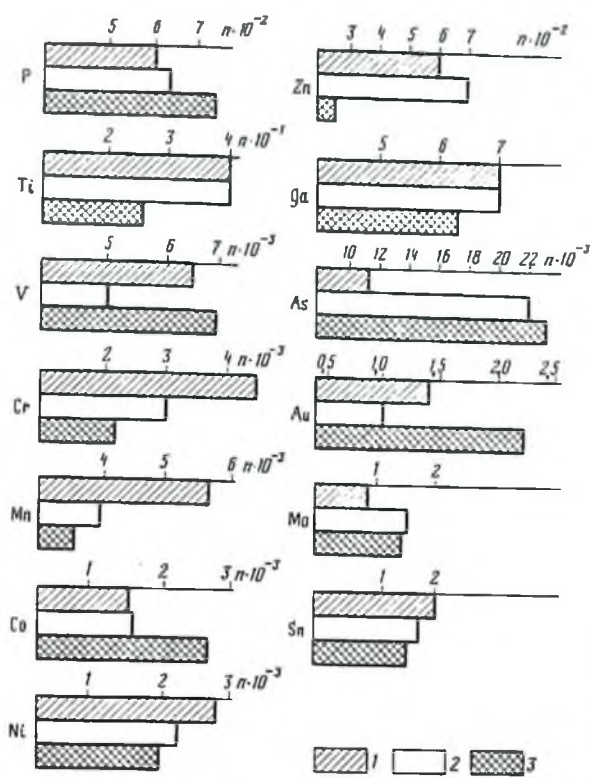
Окислы и элементы					Сумма	П.п.п.
Fe ₂ O ₃	FeO	P	MnO	SO ₃		
4,72	Не обн.	0,02	Сл.	0,06	91,1	1,66
8,55	То же	0,03	"	Не обн.	95,6	2,06
2,12	"	0,01	"	0,06	87,9	1,86
5,28	4,89	Не определялось				
1,75	1,48				То же	
2,50	2,29					
2,50	2,29					
2,23	2,01					
1,43	1,59					
9,58	8,62					
5,52	Не обн.	0,02	Сл.	0,03	69,8	1,06
2,88	То же	0,05	"	Не обн.	62,1	0,86

сделать вывод о том, что исходным материалом для данного горизонта являлись перекрывающие карстовые воронки песчаники. На восточном фланге на упомянутый горизонт, а на западном — непосредственно на рудоносный ложится подпочвенный серый песчаный суглинок мощностью 1—1,5 м (горизонта В).

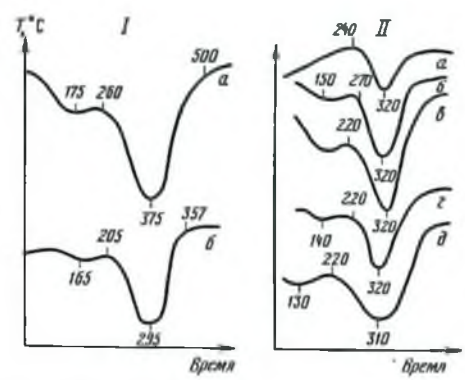
По данным силикатного анализа описываемый разрез характеризуется уменьшением содержания Si, Ti, Ca в горизонте В и накоплением их в горизонте С. В свою очередь горизонт С обеднен Mn, Fe, Al, Mg, K, Na, Li, Pb, т.е. наиболее подвижными и легко извлекаемыми в процессе сульфатного выветривания элементами. Из элементов, которыми обеднен горизонт С, щелочные элементы и Al накапливаются в горизонте В; Fe, Mn — в рудоносной коре (табл. 7).

На рис. 4 представлены диаграммы распределения элементов-примесей по данным спектрохимического определения золота и спектрального полуколичественного анализа остальных элементов. При подсчете средних содержаний использовалось по 26 проб рудоносного горизонта и горизонта В и 10 проб горизонта С. Повышенные содержания Au, Ga, Cr, Mn, Sn, Ni позволяют сделать вывод о значительной миграции этих элементов в процессе образования современной коры выветривания. Наблюдается также нечеткая прямая корреляция содержания золота в рудоносном горизонте и горизонте В. Приведенные данные, а также результаты литохимического опробования бортов карьера подтверждают выводы об эффективности применения литохимических методов поиска месторождений карстового типа.

Лимонит является широко распространенным минералом (табл. 8).



Р и с . 4. Распределение содержания золота и микроэлементов (в г/т) по горизонтам в разрезе рыхлых отложений вторичного месторождения в карстах
 1 — делювиальный подпочвенный горизонт В; 2 — элювиально-делювиальный горизонт С; 3 — рудоносный горизонт



Р и с . 5. Кривые нагревания лимонитов из руд месторождения карстового типа
 I — а — плотный буро-зеленая гётит с примесью гидрогётита, месторождение Второе; б — гётит-гидрогётитовая руда, по И.И.Гинзбургу и И.А.Рухавишниковой(1951)
 II — а — пористый бурый гидрогётит (обр. ТУ-103), месторождение Второе; б — охристый бурый гидрогётит (обр. ТУ-104), месторождение Второе; в — рыхлый ярко-красный гидрогётит (обр. ТУ-100), месторождение Второе; г, д — гидрогётит, месторождение Туранглы-Сая, по Н.Т.Винниченко (1951); г — пористый, д — плотный

Т а б л и ц а 8
 Содержание породообразующих минералов в рыхлых рудах месторождений карстового типа

Порода	Класс мм	Выход класса, %	Минеральный состав, %					
			гидро-окислы	кварц	полевой шпат	каолинит	гидро-слюда	прочие минералы
Глина с обломками кварцевых метасоматитов	+0,003	86,6	9,6	89,2	1,2	Не обн.	Не обн.	Сл
	-0,003	13,4	Не обн.	Не обн.	Не обн.	То же	100	Не обн
Бурая глина с обломками кварцевых метасоматитов с гидроокислами железа	+0,003	81,2	10,8	43,8	24,6	7,3	Не обн	7,5
	-0,003	18,8	Не обн	Не обн.	Не обн.	100	То же	Не обн
Краснобурая глина с обломками кварцево-лимонитовых руд	+0,003	75,6	49,8	19,7	16,9	11,5	1,6	0,5
	-0,003	24,4	Не обн.	Не обн	Не обн	100	Не обн.	Не обн
Технологические пробы	+0,003	89,4	13,5	58,1	21,6	1,7	3,4	1,7
	-0,003	Не обн	Не обн	Не обн	Не обн	57,0	43,0	Не обн
	+0,003	69,5	43,5	23,1	30,2	Не обн	3,2	То же
	-0,003	30,5	93,5	Не обн	Не обн	То же	6,5	*

Примечание. Технологические пробы по данным ЦНИГРИ В.И. Зеленова (1956, 1958, 1963 гг.), остальные — по данным А.И. Казаринова (1963г.)

Т а б л и ц а 9

Химический состав лимонита из руд месторождения карстового типа

Исходная проба	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	FeO	Fe ₂ O ₃
Ярко-красная рыхлая лимонит	0,56	3,96	0,18	12,05
Бурная пористая лимонит	0,32	3,42	0,18	24,30

Примечание. Анализы выполнены АГ Дмитриевой в Центральной лаборатории ЯТГУ.

Он образуется при окислении пирита, пирротина, халькопирита и других первичных минералов. По текстурным особенностям макроскопически выделяются две разновидности — плотная и рыхлая. Первая обычна в глыбово-обломочной массе, слагая прожилки и пленки в окисленных метасоматитах и вмещающих породах с характерными метаколлоидными структурами (тонкопористыми, кружевными, зернистыми). Нередко плотный лимонит встречается в псевдоморфозах по пириту. Рыхлый лимонит присутствует совместно с плотной разновидностью в окисленных реликтах метасоматитов и вмещающих пород и образует самостоятельные скопления между глыбами и щебнем окисленных метасоматитов, в их неровностях и занорышах. Красно-бурю окраску карстовым отложениям и особенно ярко окрашенным (вишневые, пурпурные и фиолетовые) их разновидностям с повышенным содержанием золота придают большие массы рыхлого переотложенного лимонита.

С целью диагностики выделенных разновидностей лимонита проведены химический анализ на 4 компонента (свободная и кристаллизационная вода, окись и закись железа; табл.9) и рентгенометрическое их определение. Полученные данные указывают на то, что мы имеем дело не с чистыми разновидностями гидрогетита и гетита, а с их смесью.

Результаты термического анализа (рис. 5) лимонита в сравнении с данными анализа гетит-гидрогетитовой руды, по И.И.Гинзбургу и И.А.Рукавишниковой (1951), позволяют определить исследуемый нами лимонит как гетит с примесью гидрогетита. Аналогичные данные мы находим у В.П.Ивановой (1961). Нагревание пористой и рыхлой разновидностей лимонита дает примерно такой же график, только с ярким эндотермическим эффектом с максимумом при температуре около 170°C, отвечающим выделению адсорбционной воды. По данным экспериментов Кульпа и Трайтса (Kulpa, Trites, 1951), их образование происходит в восстановительной среде при высоком значении pH. Результаты спектрального анализа свидетельствуют о том, что в выделенных разновидностях лимонита содержатся примеси хрома, бария, марганца, меди, никеля, следы золота, серебра, цинка, олова, стронция и др.

Каолинит в виде тонкозернистых масс заполняет пустоты в мета-

соматитах; обычно содержит в непостоянном количестве примесь гидроокислов Fe, придающих ему бурую пятнистую окраску. Галлуазит наблюдается в пустотках кварцевых гнезд и метасоматитах, образуя типичные аморфные агрегаты, испещренные тонкими трещинками усыхания. Кальцит довольно часто наблюдается в прожилках, секущих все рудные образования и глинистые породы. Содержание его составляет не более 5%. Барит, образующий мелкие друзы бледно-желтых кристаллов уплощенного габитуса, ассоциирует с гидроокислами Fe, галлуазитом и гипергенным пиритом. Под микроскопом наблюдается в тонких прожилках, секущих агрегаты халцедоновидного и рисовидного кварца. Гипс также образует мелкие друзы бесцветных кристаллов в пустотах метасоматитов. Вторичный кварц халцедоновидного облика образует натечные формы в глинистой массе в ассоциации с кальцитом или корочки в пустотах окисленных метасоматитов.

Гидроокислы Fe распространены широко, но не образуют значительных скоплений, обычно это корочки или натечи неправильной и дендритовидной формы по трещинам отдельностей в окисленном метасоматите и вмещающих породах. Пирит наблюдается в виде мелких кристалликов среди окисленных минералов. Марказит обычно замещает пирротин. Малахит и азурит встречаются в виде отдельных мелких натечных форм. Самородная медь отмечена А.И.Казариновым в 1963 г. в виде прожилковидного агрегата зерен в трещинках в окисленной руде.

Вторичное золото в окисленных рудах составляет 70% (Н.В.Петровская, С.В.Яблокова). По данным ИРГИРЕДМЕТАа, золото в окисленных рудах находится в самородном состоянии и механически связано с гидроокислами Fe. По данным пробирного анализа крупных технологических рудных проб (В.В.Ладейщиков), содержание золота (в условных единицах) составляет: в лимонит-гематитовой фракции — 13, в глинах — 2,4, в кварце — следы. При этом золото в основной своей массе образует тонкие чешуйки и пленочки (размер 0,005—0,025 мм) на гидроокислах железа или зернах кварца. Оно распределено в рудах неравномерно и порой образует скопления, дающие ураганные содержания. Иногда золото укрупняется за счет срастания его мельчайших частиц. В отдельных случаях такие агрегаты достигают 2 см в поперечнике.

В связи с тонкой размерностью золота в окисленных рудах выделение его методом промывки на сибирском лотке весьма сложно. Полученное таким способом золото заметно отличается от золота из первичных руд и характеризуется в большинстве своем признаками нового переотложенного золота. Прежде всего оно парагенетически связано с гидроокислами железа и гипергенным кварцем и имеет вид легко рассыпающихся изометричных, палочковидных, пластинчатых или кубических образований. Отдельные золотины представлены друзовидно-губчатыми, веточковидными выделениями, где каждое из ответвлений имеет удлинненную натечную форму.

Наряду с корочками гидроокислов Fe на изломах золотин часто

Т а б л и ц а 10

Состав самородного золота из месторождения карстового типа (в %)

Элементы	Месторождение							
	1	1	5	5	3	6	1	2
	Золото первичных руд (первичное)		Золото окисленных руд (вторичное)					
Au	84,62	88,03	98,74	87,12	95,68	91,33	99,63	92,34
Ag	14,45	11,44	7,42	10,19	3,73	7,25	0,46	0,78
Tc	Не обн.	Не обн.	0,01	0,01	Не обн.	Не обн.	Не обн.	0,01
Sc	То же	То же	Не обн.	Не обн.	То же	То же	То же	Не обн.
Cu	0,019	0,014	0,03	Сл.	-	-	-	Сл.
Bi	0,007	0,017	0,48	0,53	-	Не огр.	0,23	0,64
Pb	0,046	0,028	0,13	0,04	-	То же	Не обн.	0,05
Fe	0,04	0,05	0,05	0,09	0,031	-	0,14	0,05
As	0,01	0,009	0,062	0,026	0,006	-	0,011	0,004
Нераствори- мая остаток	0,42	0,21	0,26	1,07	Не обн.	-	Не обн.	4,43

П р и м е ч а н и е. Анализ произвела А.И. Буханова (ЦНИГРИ).

Т а б л и ц а 11

Распределение золота пяти месторождений карстового типа
на глубину по данным ударно-канатного бурения

Глубина, м	Распределение, %					Среднее
0—10	21	5	2	5	12	9
10—20	33	11	14	20	33	22
20—30	30	30	24	19	28	26
30—40	10	20	36	25	19	22
40—50	5	19	16	10	5	11
50—60	1	11	5	8	2	5
60—70	Не обн	2,5	2	8	1	3
70—80	То же	1,5	1	4	Не обн	1
80—90	"	Не обн.	Не обн.	1	То же	Не обн.

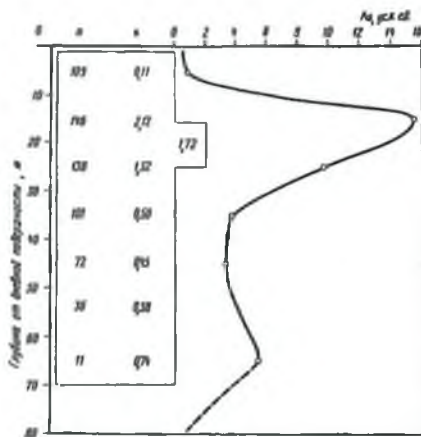
видны прожилки гидроокислов Fe и Mn. Нередко внутри комковидных агрегатов заключены новообразования гипергенного кварца, инкрустирующего углубления и пустотки в золоте. Форма самородного золота зависит от его количества. Это либо эмульсионная вкрапленность в гидроокислах Fe размером от 0,002 до 0,007 мм и тончайшая паутинная сеть высокопробных прожилков, проникающих по трещинкам в гидроокислы Fe, либо их более крупные взаимные прорастания с образованием петельчатой субграфической структуры, что указывает на одновременное их осаждение и даже замещение гидроокислов Fe золотом. Нередко гидроокислы служат центрами роста высокопробных новообразований золота с колломорфной структурой. В свою очередь, золото имеет многочисленные тончайшие поры, заполненные порошкообразной лимонитовой массой. Интересно, что даже кристаллы золота могут иметь пористую структуру.

При электронно-микроскопическом исследовании выявлена субструктура золота, состоящая из округлых частиц, что позволяет предполагать его выпадение из коллоидных растворов.

С. В. Яблоковой удалось выявить соотношение двух фаз вторичного золота. Более темная основная масса представлена высокопробным золотом, а более светлая — электрумом. Они создают петельчатые, эмульсионные и графические структуры, сходные со структурами распада твердых растворов. По методике Н. Г. Коренновой (ЦНИГРИ) удалось в общей массе высокопробного золота (900—920) определить пробу золота светлых включений электрума, равную 590—600.

Состав золота первичных и окисленных руд из месторождений карстового типа по данным микрохимического анализа приведен в табл. 10.

Повышенные концентрации золота приурочены к продуктам древней (дочетвертичной) преобразованной коры выветривания в карстовых полостях. Максимум их установлен в вишневой супеси. Он соответствует поясу золотого обогащения с показателем интенсивности



Р и с. 6. Положение подзоны вторичного золотого обогащения в рудном поле в карстах

л — количество учтенных проб по горизонтальным 10-метровым слоям, к — коэффициент интенсивности, построенная кривая — обобщенная по пяти месторождениям с использованием 613 проб

2,0—3,5. По данным химического анализа, пояс золотого обогащения выделяется по особенностям распределения золота на месторождениях (табл. 11). В зависимости от конкретных условий он наблюдается на глубинах до 30 м от дневной поверхности (рис. 6).

По данным Л.В.Разина и И.С.Рожкова, золото отсутствует во фракции 0,01 мм из отложений этапа закрытого карстования и в элювии юрских пород, и наоборот, в той же фракции этапа открытого карстования установлено его повышенное количество. Исследователи объяснили это разложением и выносом самого мелкого самородного золота из первичных руд агрессивными водами на этапе открытого карстования с последующим его отложением в продуктах последнего этапа, особенно на горизонте вишневой супеси. В связи с этим в карстовых отложениях пояс золотого обогащения формируется за счет не только вторичного самородного золота, но и ионного и коллоидного, которое могло быть сорбировано глинами горизонта вишневой супеси из водных растворов совместно с лимонитом. В данном процессе важна роль резкой смены трещиноватости и пористости при переходе от обломочно-рыхлых продуктов открытого карста к слабо нарушенным рыхлым глинам закрытого карста.

ВТОРИЧНОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПО УМЕРЕННО СУЛЬФИДНЫМ ЖИЛАМ, СОПРЯЖЕННЫМ С ЗАЛЕЖАМИ

Рудное поле приурочено к переходной зоне между горстами и грабенами, что обусловило, в частности, на месторождении (рис. 7) относительно широкое вскрытие речной системой архейских гранитов, в меньшей степени гнейсов и кристаллических сланцев. На абразированной поверхности архейского фундамента располагаются значительные по площади останцы карбонатных отложений нижнекембрийской свиты мощностью до 150 м на водоразделах. Свита сложена доломитами и известковистыми песчаниками с пропластками кремнистых доломитов, оолитовых известняков и известковистых сланцев. Нижние части свиты отличаются большой неоднородностью, чередованием различных литологических слоев. Литологическая неоднородность толщи с анизотропными физико-механическими

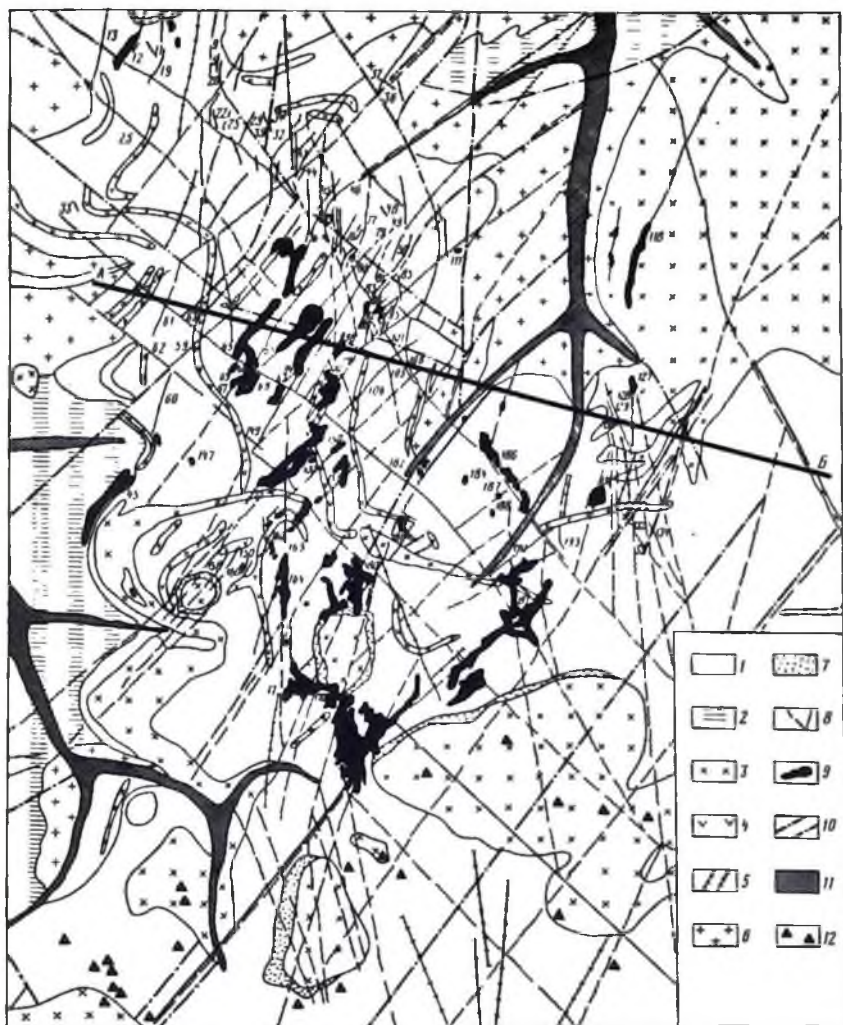


Рис. 7. Схема геологического строения вторичного золоторудного месторождения по умеренно сульфидному жильному месторождению, сопряженному с рудными залежами

1 — карбонатные отложения нижнего кембрия; 2 — архейские гнейсы и кристаллические сланцы; 3 — лакколиты, межпластовые интрузии сиенитов, сиенит-порфириров, ортофириров; 4 — межпластовые интрузии лампрофириров; 5 — дайки сиенитов, сиенит-порфириров, лампрофириров; 6 — архейские нерасчлененные граниты; 7 — скарнирование породы; 8 — окисленные кварц-карбонатные жилы с золотом; 9 — окисленные и сульфидные золоторудные залежи; 10 — разрывные нарушения; 11 — отработанные аллювиальные россыпи золота; 12 — развалы кварцевых жил

и химическими свойствами предопределила размещение оруденения. Плотные кремнистые и песчанистые доломиты и пластовые интрузии, с одной стороны, более вязкие разности доломитов, с другой — при дорудных тектонических подвижках содействовали развитию рудовмещающих полостей в межпластовых горизонтальных нарушениях и сложных по форме крутопадающих разрывных нарушениях. Оолитовые доломиты, насыщенные глинистым и битуминозным материалом, оказались более компетентной средой для метасоматического замещения в процессе рудогенеза. Содержание органического углерода в темно-серых доломитах достигает 5—10% (0,02—0,06% в светлых разностях).

В пределах рудного поля магматические образования представлены архейскими и мезозойскими комплексами. Широко развитые гранитоиды архейского комплекса не сопровождаются существенными проявлениями золотоносности и характеризуются низкими содержаниями золота (от $0,35 \cdot 10^{-7}\%$ в аляскитовых до $2,35 \cdot 10^{-7}\%$ в биотит-амфиболовых гранитах, $2,10 \cdot 10^{-7}\%$ в архейских гранитах рудного поля).

Интрузивы мезозойского комплекса характеризуются большим разнообразием форм, размеров и состава. Ареалы их развития закономерно связаны с дизъюнктивной тектоникой мезозойского этапа активизации. В строении рудного поля принимают участие три морфологических типа мезозойских интрузивов: относительно более ранние пластовые тела сиенит-порфиоров, ортофиоров, плагиопорфиоров, бостонитов, вогезитов и керсантитов, лакколиты сиенитов и монзонитов и, наконец, дайки того же состава, что и пластовые тела, а также псевдолейцитовых порфиоров, монзонитов, эруптивных брекчий.

Геохимические особенности магматических пород характеризуются, с одной стороны, увеличением содержаний золота и сопутствующих ему элементов — цинка, меди, ванадия, молибдена в дайках и пластовых телах рудного поля по сравнению с архейскими гранитами и сиенитами гольцовой части (за пределами рудного поля содержание золота изменяется от $2-10 \cdot 10^{-7}\%$ до $30-90 \cdot 10^{-7}\%$

Золотое первичное оруденение представлено крутопадающими жилами, горизонтальными залежами, сопряженными с жилами, реже крупными минерализованными зонами дробления и участками рассеянной вкрапленности сульфидов. Все промышленные концентрации золота сосредоточены в жилах и залежах 25% от всего добытого золота на месторождении получено при эксплуатации самой крупной залежи

Парагенетическая связь золотого оруденения с мезозойским магматизмом определяет преимущественно региональный характер

магматических поисковых критериев оруденения. Золоторудные месторождения района тяготеют к площадям развития пород монзонит-сиенитовой субформации, по Е.П.Максимову, в отличие от пород лейцитит-щелочносиенитовой. Все три типа интрузивов имеют разный характер структурных связей с рудными телами, хотя в целом весь комплекс является дорудным, а рудными растворами при их продвижении использовались те же пути, что при перемещениях магматических масс. Рудолокализирующими в ряде случаев оказались структуры и зоны, вмещающие магматические тела.

Пластовые интрузии, распределяясь на разных уровнях кембрийской толщи, с одной стороны, тяготеют к наиболее ослабленным ее частям, благоприятным для рудоотложения, с другой — нередко являются экраном для рудных растворов, фиксируя рудовмещающие структуры и гипсометрическое положение залежей раздувов жил. Наиболее тесно пространственно и структурно рудные тела связаны с дайками. Как те, так и другие имеют северо-западное, близмеридиональное и северо-восточное направления, но дайки чаще выполняют северо-западные трещины, тогда как рудные жилы — северо-восточные. При совпадении направления даек и рудных жил последние имеют значительную протяженность, рудные жилы чаще сопровождаются керсантами, биотитовыми порфирами и эруптивными брекчиями.

Изменения вмещающих пород рудного поля связаны с контактными процессами метаморфизма при внедрении послеюрских интрузий и более поздней гидротермальной проработкой. Скарнирование носит зональный или площадной характер. Сплошной ореол скарнов вокруг гольцовых интрузий не развивается, так как непосредственно в контакте с сиенитами нередко наблюдаются мраморизованные доломиты. Пятнистые, линзовидные и прожилковидные формы проявления скарнирования характерны для экзоконтактов сиенитов. Набор скарновых минералов довольно обычный: тремолит, пироксен, гранат, везувиан, скаполит, плагиоклаз, эпидот. Н.В.Петровская и А.И.Казаринов считают скарны предшествующими оруденению, значительно более ранними образованиями, не влияющими существенно на условия рудолокализации. Скарновые зоны не могут в связи с этим рассматриваться в качестве прямого поискового критерия на золото. Однако ревизия их как всегда необходима, так как скарны могут вмещать более поздние золотоносные жилы и зоны.

Околорудное изменение доломитов выражается окварцеванием, анкеритизацией, хлоритизацией и тремолитизацией. Окварцевание часто сопровождается прожилками и просечками прозрачно-белого кварца. В контакте с рудными жилами постоянно наблюдаются тонкая вкрапленность и прожилки пирита, гематита, галенита, халькопирита. Наиболее широко развиты околорудные изменения в виде анкеритизации, проявленной вкрапленностью вблизи жил, вдоль трещин и ослабленных зон. Околорудные изменения пород являются поисковым признаком золоторудной минерализации при выявлении скрытого оруденения. В околорудно измененных доломитах с приближением к рудному телу увеличивается количество нераст-

воримого остатка, в основном кремнезема, а также железа и марганца и уменьшается содержание кальция и магния.

Структура рудного поля определяется сочетанием структур неглубоко залегающего архейского фундамента и палеозойского чехла платформы с отчетливым отражением в последнем блоковых перемещений. Юго-восточная часть рудного поля опущена относительно северо-западных блоков. По представлениям Ю.Г.Сафонова, северо-западные блоки рассматриваются фрагментами кольцевой (купольной) структуры с изменением простирания архейских пород от северо-восточного на субмеридиональное и северо-западное. Элементы этой древней структуры унаследованы и более молодыми нарушениями, что, в частности, проявилось в изгибе собственно тектонической зоны.

Породы платформенного чехла залегают горизонтально или образуют пологие прогибы с наклоном слоев до нескольких градусов. Вблизи разломов и лакколлитов наблюдаются перегибы пластов до $25-30^\circ$. В центральной части рудного поля выделяется брахисинклиналь северо-восточного направления с углами падения крыльев $5-6^\circ$. Складчатые осложнения пластов сопровождаются формированием зон трещиноватости, к участкам пересечения которых горизонтальными ослабленными зонами приурочены многие залежи и раздувы жил. Закономерности размещения золоторудных жил и залежей в пределах рудного поля определяются прежде всего планом доинтрузивной и дорудной дизъюнктивной тектоники. Нарушения, заложенные перед началом интрузивной деятельности, подновлялись перед и в процессе формирования рудных тел. Основными элементами структуры рудного поля являются крутопадающие трещины и горизонтальные зоны трещиноватости. Крутые трещины подразделяются по преобладающим направлениям на: 1) северо-восточные ($20-40^\circ$) рудовмещающие, часто сопровождаемые дайками сиенит-порфиров, реже керсантитов и вогезитов, 2) северо-западные ($310-320^\circ$), иногда фиксируемые дайками эруптивных брекчий, рассматриваются рудораспределяющими; 3) меридиональные ($345-355^\circ$) рудоподводящие сопряжены с дайками роговообманковых сиенит-порфиров. Горизонтальные зоны вмещают большое количество пластообразных интрузий и залежей. Северо-восточные и северо-западные нарушения относятся к трещинам скалывания, субмеридиональные — к трещинам разрыва.

Наиболее благоприятными участками для локализации рудных залежей являются пересечения горизонтальных зон трещиноватости разнонаправленными северо-западными и северо-восточными крутопадающими нарушениями. Разломы разделяют рудное поле на ряд блоков, различающихся глубиной залегания фундамента. Системы нарушений возникли в связи с блоковыми перемещениями фундамента, обуславливающими мозаичную картину верхнего структурного этажа, в котором выделены рудоносные структуры по положению архейского фундамента, количеству и морфологии магмати-

ческих и рудных тел, минеральным ассоциациям и геохимическим полям. Известные структуры соответствуют более крупным блокам, состоящим из более мелких.

Все известные жилы имеют почти вертикальное падение, пересекают породы кристаллического фундамента, платформенного чехла и лакколиты щелочных пород. Жилы характеризуются значительной протяженностью при колебании мощности от 0,2 до 3 м. Наряду с простыми жилами отмечаются сложные по форме с раздувами, пережимами и серией сближенных параллельных прожилков. Залежи пространственно связаны с жилами, являются по существу раздувами последних в карбонатных породах. Залежи характеризуются небольшими размерами (сотни квадратных метров), сложной конфигурацией и контролируются тремя системами трещин, соответствующих ориентировке рудных жил и горизонтальных ослабленных зон. Иногда они линзовидно выклиниваются или расщепляются в краевых частях на ряд параллельных языковидных ответвлений. Наблюдаются ступенчатые изгибы или карманообразные раздувы.

Мощные залежи нередко имеют многоярусное строение и четкие контакты с вмещающими породами. Характерной особенностью в строении залежей является наличие в них блоков пород округлой формы, а также глинистых прослоев, расположенных в различных частях рудного тела. Залежи часто располагаются у контактов висячего или лежащего бока пластовых интрузий.

Вкрапленное оруденение нередко сопровождает жилы и залежи, реже развивается в изолированных участках, в местах интенсивной трещиноватости. Минерализованные зоны дробления характеризуются невысоким содержанием золота и до сего времени детально не опробованы на золото. Первичные руды целиком сохранились только в нижней части кембрийских отложений. По количеству (табл. 12) сульфидов они относятся к умеренно сульфидному, на отдельных участках — к сульфидному типу руд.

Особенности строения рудных тел свидетельствуют о заметном участии тектонических процессов при их формировании. Существенную роль играли явления многократного дробления и приоткрывания швов с последующим залечиванием трещин. В первичных рудах широко развиты брекчиевые, полосчатые, такситовые, реже гребенчатые, метаколлоидные, вкрапленные и массивные текстуры. По мнению Ф.Н.Шахова (1964), образование подобных текстур отражает генетические особенности руд и позволяет восстановить характерные черты процессов рудообразования.

Значительное развитие такситовых и унаследованных слоисто-полосчатых текстур, особенно в рудах залежей, указывает на широкое развитие метасоматических процессов. Брекчиевая текстура пользуется довольно широким распространением и характерна для большинства жил. Обломки пород цементируются рудным веществом. Кроме того, наблюдается внутривильная брекчия, в которой обломки шестоватого кварца цементируются гематитом, что указывает на более позднее отложение последнего. Кристаллы шестоватого кварца

Т а б л и ц а 12

Минеральный состав руд умеренно сульфидного золоторудного месторождения

Степень распространения	Гипогенные		Гипергенные
	Рудные	Жильные	
Главные	Пирит	Кварц	Гетит
	Гематит	Анкерит	Гидрогетит
Второстепенные и примеси	Халькопирит	Кальцит	Ярозит
	Галенит	Калиевая слюдка	Ковеллин
	Пирротин	Хлорит	Гидрослюда
	Тетраздрит	Сидерит	Малахит
	Сфалерит		Азурит
	Магнетит		Куприт
	(мушкетовит)		Англезит
	Борнит		Церуссит
	Галеновисмутит		Гипс
	Самородный висмут		Псиломелан
	Самородное золото		Рансцит
	Калаверит		Барит
	Гессит		Халькозин
	Кобальтин		Марказит
	Фрейбергит		Мелантерит
	Фаматнит		Самородное золото
Киноварь		Самородная медь	
Шеелит		Самородная сера	
Буланжерит		Аллофан	
Включения в рудах	Молибденит	Тремолит	Галлуазит
		Флюорит	Бейделлит
		Адуляр	Пироморфит
		Рутил	Хризokolла
		Турмалин	Базовисмутит
		Апатит	Ванадиевая слюдка
		Тунгстит	
		Массикот	
		Ромент	
		Сульванит	
		Сванбергит	

* По данным А.И. Фасталовича, Н.В. Петровской (1940 г.) с дополнениями автора; вторичные самородные медь и золото выделены автором.

в жилах и прожилках располагаются перпендикулярно плоскости контактов, что обуславливает гребенчатую структуру.

Продуктивные минеральные ассоциации образуют соответствующие им типы руд. Наиболее распространена пирит-анкеритовая ассоциация, минералы которой слагают многие залежи. Температура образования минералов этой ассоциации, по данным декрипитации, изменялась от 375 до 325°C. Кварц-пирит-гематитовые руды более характерны для жил северо-западного направления. Ассоциация полисульфидов (кварц-полиметаллический тип) установлена в трещинах разных направлений. Пестрый минеральный состав полиметаллической стадии рудообразования указывает на обогащение растворов сероводородом. Температура образования сульфидов, по данным декрипитации, составляла 260—115°C, что указывает на формиро-

вание месторождения в среднетемпературную фазу гидротермального процесса.

Широко распространена полосчатая текстура, наиболее характерная для руд анкеритового состава (обычно в залежах). Пирит-анкеритовые руды пересекаются тонкими сульфидными, гематитовыми прожилками и кварцевыми жилами с образованием текстур пересечения, что дает основание считать пирит-анкеритовые руды относительно более ранними. Вкрапленная текстура наиболее характерна для участков со слабой сульфидной минерализацией. Массивные текстуры играют подчиненную роль, и правильнее всего рассматривать их как частный случай полосчатых. Они характерны для полиметаллической ассоциации. Массивные текстуры по простиранию и падению сменяются обычно полосчатой или вкрапленной.

Структуры руд отличаются большим разнообразием и определяются широким развитием различного типа сростаний рудных минералов. Среди первичных сульфидных руд резко преобладают разновидности со структурами кристаллизации, чаще всего зернистые.

Особенностью состава руд является наличие в них висмутовых соединений, сульфосолей и сульфованадатов меди (сульванит) наряду с такими минералами, как пирротин, шеелит и магнетит, и полное отсутствие арсенопирита. Г.М. Азановым в 1963 г. отмечено присутствие киновари. В метасоматических залежах, в меньшей степени в жилах, широко развиты железо-магнезиальные карбонаты. Существенную роль играет чешуйчатый гематит.

Вмещающие оруденелые породы и руды характеризуются повышенными содержаниями магния и свинца. Руды месторождения отличаются разнообразием элементов-примесей. Особенно богаты такими элементами рудные тела, залегающие в изверженных породах. Наиболее характерные элементы-примеси: марганец, медь, цинк, серебро, свинец, висмут, вольфрам; менее распространены, но отмечены в отдельных типах руд мышьяк, молибден, ванадий, циркон, барий, сурьма. В рудах установлено присутствие фтора и ртути. Как показали спектральные исследования мономинеральных фракций, большая часть элементов-примесей входит в состав сульфидов, магнетита и гематита и только медь, свинец, цинк, висмут, иногда молибден и сурьма образуют самостоятельные минералы.

Наиболее разнообразен состав элементов-примесей в пирите, причем набор их зависит от генерации минерала и приуроченности отдельных элементов к определенным рудным телам. Для пирита одной из залежей характерно повышенное содержание цинка, молибдена, серебра, меди, титана, кобальта, для пирита другой залежи — висмута, меди, свинца, что вполне соответствует особенностям минерального состава руд. В пирите из жилы присутствуют свинец, медь, висмут, молибден, никель, кобальт. Отмечаются высокие содержания в пирите висмута, серебра, мышьяка.

А.И. Фастолович и Н.В. Петровская от более ранних к поздним составили следующий ряд минеральных ассоциаций.

1. Пирит-анкеритовая (анкерит, пирит, иногда шеелит).

2. Шестоватого кварца (кварц шестоватый, халцедоновидный, адуляр и др.).

3. Гематита (гематит, кварц, хлорит, калиевая слюдка).

4. "Рисовидного" кварца ("рисовидный" кварц, мелкозернистый пирит).

5. Полиметаллических сульфидов (пирит, халькопирит, галенит, пирротин, сфалерит, тетраэдрит, висмутин, галеновисмутит, самородный висмут, самородное серебро, фаматинит, сульванит, борнит).

6. Золота (в сопровождении ничтожно малых количеств буланжерита и фрейбергита, и в единичных случаях калаверита и гесситом).

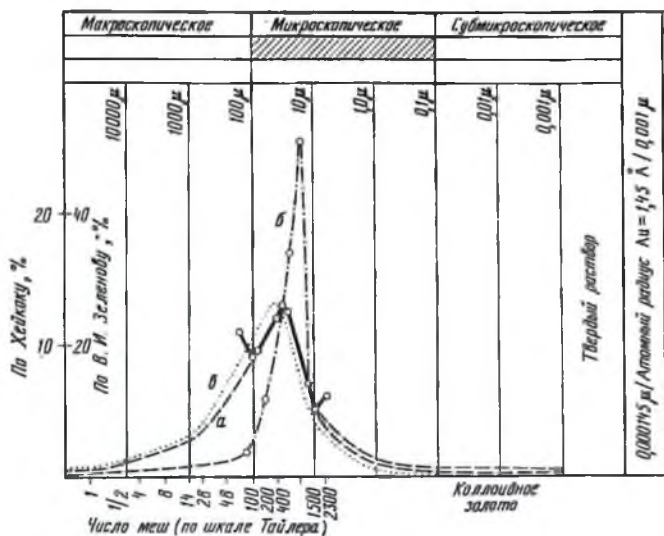
7. Поздних карбонатов (в противоположность ассоциации анкерита представлена преимущественно кальцитом и иногда сидеритом).

В халькопирите, помимо широко распространенного цинка, присутствуют элементы-примеси: галлий, серебро, олово, кобальт. Вольфрам отмечен только в пробе из залежи Магистральная. В галените жилы Осенняя присутствуют серебро, ванадий, хром, в магнетите залежи Высокая и Черная — свинец, хром, ванадий, кобальт. В магнетите залежи Черная отмечен ниобий, залежи Дайковая — олово. Повсеместно отмечен марганец в галените и гематите.

Сложный минеральный состав руд с нетипичным золотому парагенезису присутствием магнетита и молибденита не соответствует набору распространенных минеральных комплексов золоторудных месторождений и свидетельствует о разновременности минеральных ассоциаций, что, по данным Н.В. Петровской, является одним из благоприятных признаков концентрации золота.

Золото в первичных рудах находится в самородной форме преимущественно в виде мельчайших частиц в пирите, халькопирите и других сульфидах. При микроскопическом изучении 100 полированных шлифов удастся наблюдать выделения золота в 3—4 случаях. М. Хейкок (Haucock, 1937), по данным технологического опробования канадских месторождений, показал, что 85% золотин из первичных руд имеют размер менее 10 мкм, в том числе больше половины из них не превышают 1—5 мкм. Выделения крупнее 10 мкм составляют меньшую часть золота в руде, включая самородки размером 10 мм и более. Кривая распределения золота по крупности, построенная по данным технологического исследования первичных руд (в ЦНИГРИ) В.И. Зеленовым в 1954 г., совпадает с кривой Хейкока, но имеет более отчетливо выраженный пик (рис. 8).

Проведенные минералогические исследования показали, что выделения золота встречаются в гематите, располагаясь вдоль его чешуек, и имеют размеры до 0,001 мм. Значительно чаще, чем в других минералах, частицы золота наблюдаются в пирите, с которым связано наиболее мелкое золото, образующее изометричные, каплевидные включения размером 0,005—0,01 мм. Несмотря на приуроченность золота к пириту, содержание его в последнем, по данным исследований, как правило, ниже, чем в халькопирите. Несоответствие между



Р и с. 8. Кривые распределения золота по крупности в первичных рудах по Хейкоу (а), В.И. Зеленову (б), Н Ласкорину (в)

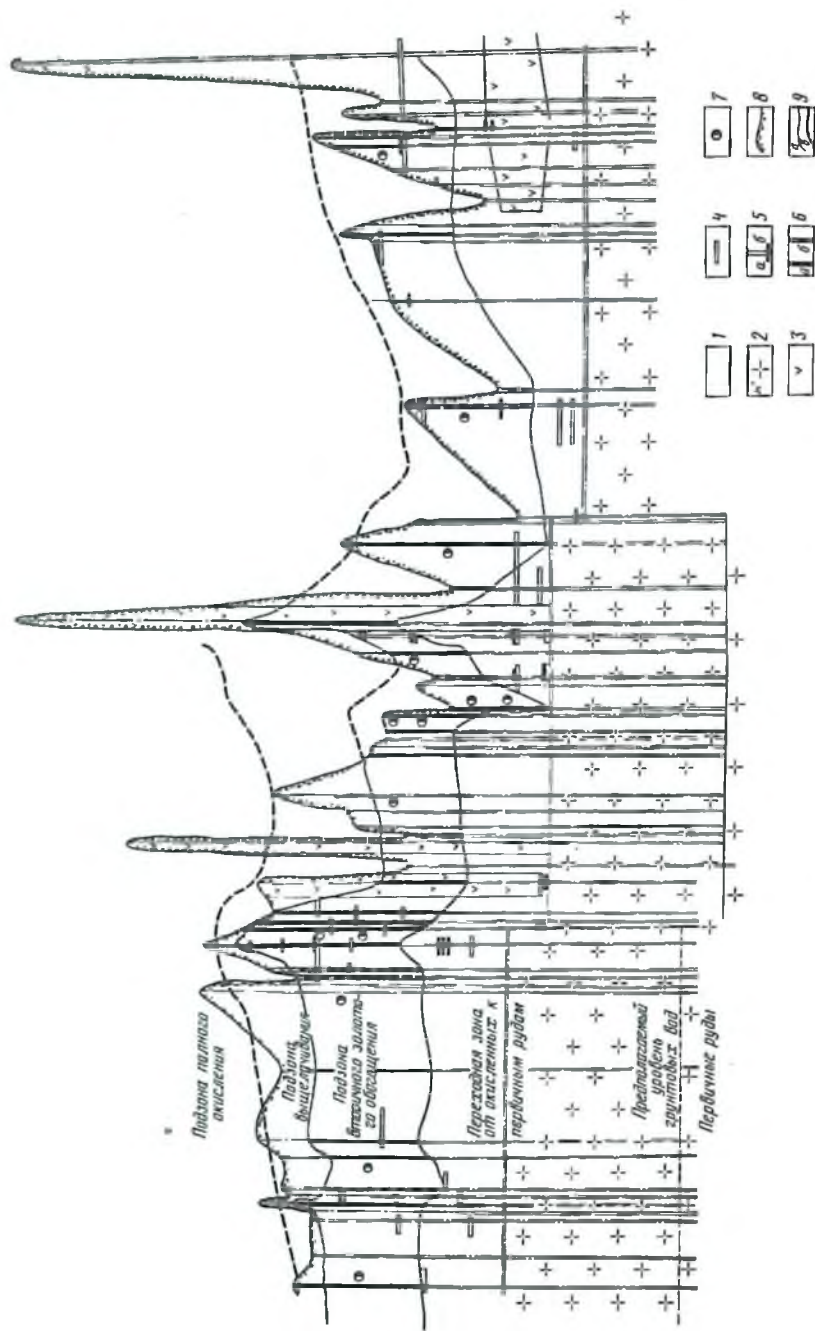
высоким содержанием золота в халькопирите и отсутствием его видимых выделений в минерале объясняется субмикроскопическими размерами золотин. Однако Н.В.Петровская в 1951 г. отмечала крупные выделения золота в ассоциации с халькопиритом, галенитом, сфалеритом, буланжеритом, гесситом, калаверитом и висмутовыми минералами. По ее данным, содержание золота в рудных минералах варьирует от следов до сотен граммов на тонну.

Взаимоотношения сульфидов с золотом свидетельствуют о сквозном характере отложения золота в процессе рудообразования от высокотемпературной до низкотемпературной стадии. Раннее золото имеет более высокую пробность 970, позднее — 760—780.

Приведенные данные позволяют утверждать, что первичные рудные месторождения в связи с преобладанием в них тонкого золота не могут служить прямым источником металла для близрасположенных богатых россыпей, характеризующихся развитием крупного золота.

Окисленные руды промышленного значения сосредоточены на месторождении в пределах четко проявленной подзоны вторичного золотого обогащения. Полный разрез древней зоны окисления может быть представлен сверху вниз (рис. 9) в следующем виде по данным автора.

1. Подзона полного окисления мощностью более 100 м.
2. Подзона выщелачивания мощностью около 50 м.
3. Подзона вторичного золотого обогащения мощностью около 50 м.



Подзона латного окисления

Подзона высшегрудного

Подзона близкого золотого обогащения

Переходная зона от окисленного к первичным рудам

Предварительный уробитовый грунтотель-Вод

Первичные руды

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

4. Подзона вторичного сульфидного обогащения слабо выражена и не имеет четкой границы мощностью около 50 м.

5. Первичные умеренно сульфидные руды.

В связи с энергичным поднятием поверхности и срезом в четвертичное время чаще других фиксируются подзоны выщелачивания, окисления и вторичного золотого обогащения.

Подзона полного окисления с поверхности зачастую имеет вид зияющих трещин почти без признаков оруденения, которые проявляются лишь на глубине 2—3 м. В большинстве случаев подзона полного окисления в значительной мере эродирована. Лимонит присутствует в виде прожилков мощностью до 0,5—1,0 см или образует псевдоморфозы по пириту в кварце. Из прочих гипергенных минералов встречаются в незначительных количествах малахит, азурит, церуссит, гидроокислы марганца и самородное золото субмикроскопических размеров.

Подзона выщелачивания ярко представлена на всех жилах, за исключением рудных тел, значительно разрушенных после формирования зоны окисления. Подзона выщелачивания развита в верхних частях жил и распространяется на глубину до 10—15 м и ниже. В наиболее трещиноватых участках жил наблюдается явление перемыва и механического переотложения окисленных рудных минералов. Процессы выщелачивания сопровождаются скоплением характерных пористых масс-продуктов переработки карбонатных и сульфидных минералов. Гидроокислы железа представлены плотными и пористыми массами.

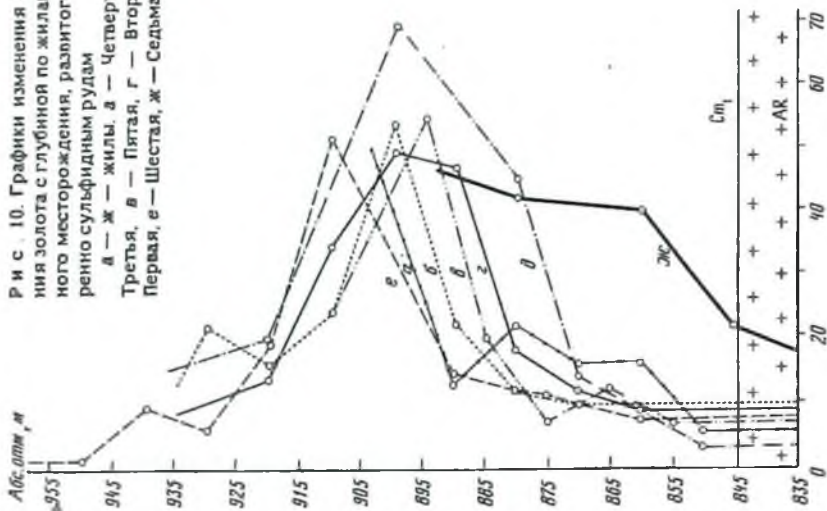
Весьма редко вдоль тектонических ослабленных контактов жил встречаются кварцево-пиритовые сыпучки. Они наблюдаются в виде небольших (0,10—0,20 м по мощности и до 1,5 м по простиранию) линзочек. Наряду с кварцем и пиритом в сыпучке отмечены в незначительных количествах сфалерит, галенит, ковеллин, лимонит, гипс и кальций. Содержание золота в сыпучках не превышает среднего его значения в первичных сульфидных рудах. По данным других исследователей (Крейтер и др., 1958, Альбов, 1960), сыпучки сульфидных руд многих месторождений (Урское, Майкаин, Джусала и др.) отличаются высоким содержанием золота, гораздо превышающим его содержание в первичных рудах. Видимое золото практически не встречается. Содержание его в подзоне выщелачивания, по данным эксплуатационного опробования, несколько превышает таковое в

Р и с. 9. Вторичная зональность умеренно сульфидного жильного месторождения, сопряженного с рудными залежами (проекция разрезов по жилам на вертикальную плоскость, вертикальный масштаб в 20 раз крупнее горизонтального)

1 — доломитизированные известняки (С₁); 2 — аляскитовые граниты (AR); 3 — лакколиты щелочноземельных снетит-порфиоров (J₃—K₁); 4 — пластовые интрузии кварцевых порфиоров, ортофиоров, альбитофиоров и др. (J₃—K₁); 5 — рудные тела а — жилы, б — залежи, в — интервалы жил а — отработанные, б — разведанные; 7 — участки жил с видимым золотом; 8 — дневная поверхность; 9 — границы подзон по данным отработки и разведки. а — установленные, б — предполагаемые

Р и с . 10. Графики изменения содержания золота с глубиной по жилам вторичного месторождения, развитого по умеренно сульфидным рудам

а — ж — жилы а — Четвертая, б — Третья, в — Пятая, г — Вторая, д — Первая, е — Шестая, ж — Седьмая



Р и с . 11. Забой по жиле рыхлого строения в известняках вторичного месторождения, развитого по умеренно сульфидным жилам

первичных рудах, но, как правило, резко понижено по сравнению с нижележащей подзоной, содержащей богатые рудные кусты.

Подзона вторичного золотого обогащения выявлена в горизонте между абсолютными отметками 870—920 м и относительно гипсометрического среза участков может располагаться прямо у дневной поверхности или на глубине 20—40 м (рис. 9, 10). В зависимости от состава первичных руд и степени их трещиноватости выделяются следующие разновидности вторичных текстур: рыхлые (рис. 11), землястые, щелевидно-пористые, плотные, натечные. Рыхлые, землястые текстуры пользуются широким распространением и наиболее характерны для залежей пирит-анкеритового состава. Щелевидно-пористые текстуры наиболее часто встречаются в сульфидных залежах. Для гетит-гидрогетитовых руд присущи натечные текстуры. Широко развиты структуры замещения, такие, как реликтовая петьльчатая и др. Характеризуется подзона большим скоплением лимонитов желтовато-бурого, коричнево-желтого, желтого и светло-желтого цвета, реже более ярких (вишнево-красных, пурпурных и др.), разделяющихся на рыхлые, натечные и заполняющие трещины или "пропитывающие" участки боковых пород ("ореолы"). Рыхлые землястые руды особенно характерны для залежей и жил пирит-анкеритового состава. Широко развиты слоистые разности железняков, характерные для рудных залежей и жил разного состава.

Сравнительное изучение Н. В. Петровской минералогических особенностей первичных и окисленных руд привело к заключению, что ячеисто-пористые губчатые структуры развиваются при замещении плотных агрегатов пирита; тонкопористые губчатые структуры образуются при замещении выделений пирита и халькопирита с примесью минералов полиметаллической группы; щелевидно-пористые образования характерны для окисленных тонкополосчатых руд с первоначально пирит-халькопиритовым составом, сетчатые структуры развиваются по галениту.

Описываемая подзона заметно обогащена золотом, для нее характерны появление отдельных проб или небольших "бонанцев" с "ураганным" содержанием золота и частые находки видимого золота и отдельных самородков. Установлена тесная связь золота с переотложенными лимонитами.

Подзона вторичного сульфидного обогащения на месторождении развита слабо, она не имеет резкой границы с первичными рудами и выделяется по наличию в жилах халькозина и ковеллина, образовавшихся при замещении халькопирита, что сопровождается повышением содержания золота в руде. Подзона вторичного сульфидного обогащения сменяется переходной зоной от окисленных к первичным рудам, сопровождающейся появлением больших участков неизменных руд.

Различия в вещественном составе и структуре окисленных руд (табл. 13) зависят главным образом от первичных минералогических особенностей рудных тел. Данные спектрального анализа окисленных руд свидетельствуют о том, что качественный состав и количественное содержание элементов в них отражает минеральный

Таблица 13

Химический состав руд вторичного месторождения (в %) по умеренно сульфидным жилам

Компоненты	Сульфидная	Анкеритовая	Рыхлая окисленная
	1	2	3
SiO ₂	8,04	3,43	23,80
FeO	} 16,01	12,03	0,65
Fe ₂ O ₃		6,01	58,33
Al ₂ O ₃	2,72	0,52	0,33
S _{общ}	8,23	8,0	0,0
Cu _{общ}	2,04	0,07	0,13
CaO	18,76	21,6	1,04
MgO	14,06	10,25	4,32
MnO	Не опр.	4,53	0,34
TiO ₂	0,05	Сл.	0,1
CO ₂	Не опр.	34,42	2,14
H ₂ O	То же	0,80	2,00

Примечание 1 — по В. И. Зеленову (1954 г.); 2—3 — по Н. В. Петровской (1951 г.).

состав тех первичных руд, по которым развиваются. Состав слабо-окисленной руды мало отличается от первичной. При выщелачивании количество марганца, меди, магния, бария в руде значительно уменьшается.

Особенности минерального состава руд проявляются в том, что при прочих равных наиболее интенсивно окисляются анкеритовые руды, затем руды полиметаллически-сульфидного состава; наиболее устойчивы к окислению плотные кварц-пиритовые агрегаты. Из структурных разностей легче поддаются изменениям полосчатые и слоистые участки жил и залежей. Наиболее сложный состав имеют окисленные полиметаллические руды, более простой пирит-анкеритовые.

Влияние боковых пород сказывается на характере химически активных вадозных вод, сохраняющих кислый состав в участках развития интрузивных пород и нейтрализующихся в условиях доломитовой толщи.

Роль степени трещиноватости рудных тел вообще трудно переоценить при рассмотрении вопроса о величине и скорости просачивания вадозных вод. Повсеместно наблюдается резкое уменьшение мощности рудных тел и степени их трещиноватости в архейском кристаллическом фундаменте и в кембрии над ним (10—20 м выше фундамента) в результате активного химического выветривания вышележащих вмещающих пород при формировании зоны. Подзона вторичного золотого обогащения располагается над областью резкого уменьшения мощностей рудных тел и их трещиноватости.

Золото в окисленных рудах находится преимущественно в свободном состоянии и в тесной ассоциации с переотложенными лимо-

нитами. Макроскопически видимые выделения (до 1—3 мм) в отличие от золота первичных руд спорадически часто встречались в забоях при отработке подзоны вторичного золотого обогащения. Нахождение самородков также имело место во время эксплуатации. Наиболее крупный из них весил 70 г. В 1974 г. при проходке разведочной штольни промывкой рыхлой кварц-лимонитовой руды на лотке сибирского типа легко было отмыто 0,25 г золота. По типоморфным особенностям это золото сходно с золотом близрасположенных рассыпей. В 1975 г. в забое штрека, проходимом по жиле, при осмотре сменным мастером О. Муттерперл обнаружена золотая узкая пластинка длиной 5 см и весом 4 г. Промывкой пробы из этого места рыхлой кварц-лимонитовой руды весом 300 кг получено около 100 г золота россыпного облика с подобными пластинками. Золото характеризуется значительным разнообразием морфологических форм. Чаще всего наблюдаются комковидные, сложнокомковидные и губчатые, реже встречаются пластинчатые, жилковидно-пластинчатые, таблитчатые, проволочковидные, каплевидные образования золота.

Губчатые агрегаты золота образуют самостоятельные выделения или тесные сростания с переотложенными гидроокислами железа, наросты на массивном золоте, псевдоморфозах лимонитов по пириту. Размеры губчатых агрегатов варьируют в пределах 0,005—5 мм, реже 2 см. Друзовидное золото макроскопически сходно с губчатым, но иногда несет следы кристаллографических граней.

Широкое развитие имеют пятнистые налеты гидроокислов железа на золотилах, которые составляют 95% от всего количества металла в руде. Нередко наблюдаются прожилки золота в колломорфном гидротетите, а также пленки так называемого нового золота.

Наиболее развита в золоте зернистая структура. Размер зерен колеблется от 0,02 до 0,2 мм и зависит от размера выделений золота. Зерна имеют неправильную изометричную или удлиненную форму. Для зернистых агрегатов характерны простые, реже полисинтетические двойники.

В поперечном срезе лентовидно-пластинчатой золотины выявлена слоистая внутренняя структура. При электронно-микроскопическом исследовании выявлены слои неоднородной субструктуры одновременного нарастания с кристаллически ограненными мельчайшими зернами. Подобное нарастание позднего золота нередко происходит концентрически на раннем выделении золота, образуя зональную внутреннюю структуру. Судя по результатам травления золотин, зональность обусловлена чередованием золота с разным содержанием серебра. Субструктура отдельных зон в самородном золоте различается по степени сложности.

Новое золото часто образует высокопробные межзерновые прожилки, разнообразные по форме и размерам (0,01—0,03 мм). Нередко новое золото составляет основную массу золотины, цементирующую отдельные мелкие низкопробные зерна раннего золота размером до 0,4 мм. Подобное сростание позволяет представить механизма сростания мелких золотин и укрупнения золота в зоне окисления. Изучение

Таблица 14

Состав золота из окисленных руд
месторождения умеренно сульфидного типа

Место взятия и описания проб золота (разные залежи)	Содержание, %			
	As	Ag	Cu	Fe
Первая (проволочковидное)	93,58	5,19	0,061	Не обн.
Вторая (друзовидное)	91,84	7,58	0,055	То же
Третья (губчатое)	92,74	6,25	Не обн.	0,30
Четвертая (проволочковидное друзовидное)	91,41	7,92	0,11	0,31
Пятая (пластинчатое)	92,86	7,38	0,09	0,14

Примечание. Не обнаружены Hg, TiO₂, Ni. Химические анализы выполнены Л Цабул, Институт геологии ЯФ СО АН СССР; спектральные анализы выполнены И П Ланцевым, ЦНИГРИ. Данные по третьей — пятой залежам заимствованы у Н.В. Петровской.

субструктуры золотин выявляет сложные процессы кристаллизации самородного золота

По данным химических анализов (табл. 14), золото окисленных руд имеет высокую пробу. Одновременно с высокопробным отмечается золото несколько пониженной пробы (770—845), содержание которого обычно не превышает 10% в окисленных рудах и приурочено к залежам, сложенным в основном первичными рудами.

ВТОРИЧНОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, РАЗВИТОЕ ПО МАЛОСУЛЬФИДНЫМ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫМ ЖИЛАМ

Малосульфидные жильные месторождения золота, с одной стороны, представляют наиболее распространенный тип оруденения для золотоносных регионов мира и являются основным коренным источником россыпей. С другой стороны, в связи с малым содержанием сульфидных минералов в рудах до сих пор продолжается дискуссия о возможности развития в них вторичных богатых месторождений золота. Такое положение привело к значительным затратам на безрезультатные поиски золоторудных месторождений, так как множество рудопроявлений подобного типа, располагаясь в вершинах россыпей, обычно богатых, обещало большие перспективы на золото. Более того, значительное количество вторичных мелких месторождений было выявлено и отработано, что опять же вызывало, как правило, большие затраты на оценку их глубоких горизонтов. На многих аналогичных месторождениях при отработке богатых верхних горизонтов окисленных руд были с размахом построены рудники с обогатительными фабриками и инфраструктурой, которые вынуждены были в течение долгих лет продолжать добычу золота из бедных первичных руд.

Содержание, %		Нерастворимый остаток	Сумма	Примеси, обнаруженные спектральным анализом	
Se/Te	Fe ₂ O ₃				
Не обн.	0,029	Не обн.	1,25	100,11	Bi, Cu, Mn, Pb
То же	0,043	То же	0,80	100,27	Bi, Cu, Pb
*	Не обн.	0,52	Не обн.	100,05	Bi, Pb, Mn, Mo
0,003	То же	Не обн.	То же	99,79	Pb, Bi
0,008					
Не обн.	*	0,06	*	100,03	Bi, Pb, As

Поэтому есть необходимость более детально рассмотреть мало-сульфидное жильное золото-кварцевое оруденение с проведенными в его пределах крупномасштабными геологоразведочными и эксплуатационными работами за почти полувековой период с момента открытия в 1939 г. Оно является типичным представителем жильных месторождений широко развитой малосульфидной золото-кварцевой формации. Подземные горные выработки пройдены на десяти горизонтах эксплуатационных работ.

В жилах рудного поля широко проявлены гипергенные процессы, которые обусловили миграцию и возникновение вторичной концентрации золота в окисленных рудах. Более десяти лет нет доступа в верхние горизонты месторождения в связи с полной их отработкой. Обобщение наблюдений и исследований за последние 40 лет, из которых 10 лет нам довелось принимать участие в отработке верхних горизонтов месторождения, и составляет содержание настоящего раздела.

Месторождение приурочено к свите палеозоя, представленной толщей алевролитов и глинистых сланцев черного цвета Рудное поле расположено в юго-западном крыле антиклинали. Распределение рудных жил контролируется пологопадающими межпластовыми и кососекущими трещинами отслоения северо-западного простириания на длину нескольких километров. Вкрест простириания сланцев и рудных жил установлена серия дорудных крутопадающих разломов северо-восточного простириания. В этом же направлении протягивается несколько рядов цепочковидных штокообразных малых интрузий сиенито-диоритов и даек диоритовых и диабазовых порфиритов.

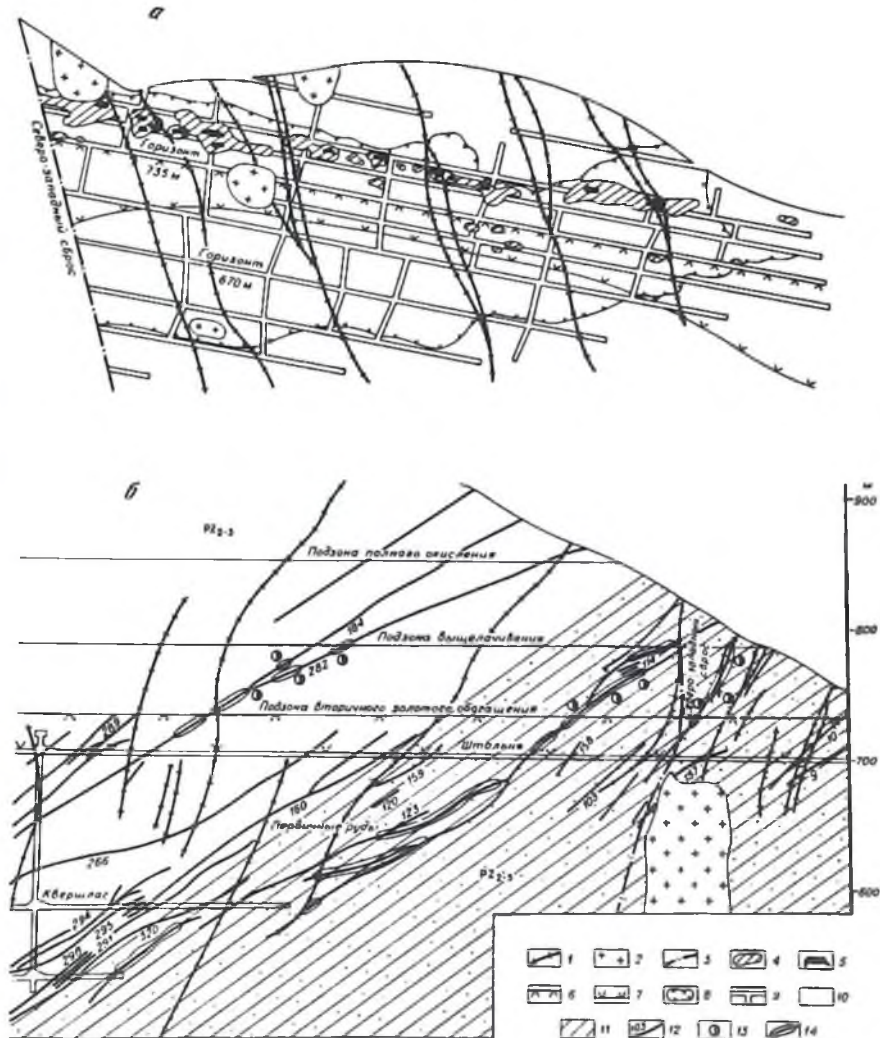
Площадь рудного поля измеряется десятками квадратных километров и только в пределах Центрального участка она освоена

подземными работами Большая часть рудного поля и приуроченные к ней жильные тела вскрыты только канавами, причем в основном в наиболее доступных участках — на положительных формах рельефа и на водоразделах. Установлено несколько тысяч рудных жил, из которых только несколько десятков подверглось эксплуатации. Несколько жил, имеющих размеры в сотни метров по простиранию и на глубину, сосредоточили в рудах основное количество добытых и разведанных запасов золота.

Брекчиевидные и полосчатые текстуры жильных тел несут следы многократного приоткрывания полых межпластовых трещин. Первые генерации кварца, как правило, безрудные, составляют основной объем рудных тел, а последующие генерации тяготеют к приконтактовым плоскостям и насыщены ранними (пирит, арсенопирит), а ближе к зальбандам — поздними (галенит, сфалерит, халькопирит) сульфидами. Бокозые породы в пределах рудных столбов существенно сульфидизированы и нередко служат рудой. В пострудную стадию по контактовым плоскостям рудных тел рудовмещающие трещины подновлены с образованием узкой каймы милонитизированных зальбандов. Общее количество сульфидов в первичных рудах не превышает 1,5%, основная их масса приурочена к приконтактовым участкам. Таким образом, при общем низком содержании сульфидов в рудных телах образуются участки с умеренно и даже существенно сульфидными рудами, вытянутыми в виде полос и прожилки. Так, например, по одной из жил мощностью менее 0,2 м рудное тело представляло собой чисто сульфидный и кварцевый прожилки мощностью по 0,06 м каждый, простирающиеся в пределах нескольких эксплуатационных блоков.

В состав первичных руд, кроме жильных — кварца с примесью кальцита, анкерита, адуляра, хлорита и серицита, входят рудные минералы (по степени распространенности): арсенопирит, пирит нескольких генераций, шеелит, антимонит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и блеклые руды. Состав окисленных руд имеет закономерные переходы на различных уровнях зоны окисления. Ее нижняя граница, по данным наблюдения в подземных выработках и анализа десятков разрезов по месторождению (рис. 12,а), устанавливается выше горизонтов основных откаточных штолен по абсолютной отметке около 730 м. Верхняя граница рассматриваемой зоны окисления на рудном поле приурочивается к уровню плиоцен-нижнеплейстоценовой поверхности выравнивания на абсолютных отметках около 1000 м. Общий размах зоны окисления составляет около 250 м по вертикали.

Наибольший практический интерес представляет подзона вторичного золотого обогащения, развития сразу над границей окисленных и первичных руд мощностью около 50 м по вертикали. Она выделяется по ее наличию значительного скопления перенесенного лимонита, представленного в основном гидрогетитом и гидрогематитом. Преобладание в этой подзоне переотложенных гидроокислов железа на смену кислой среды на щелочную, что сопровождается осаждением золота из растворов вокруг ранее образованных центров



Р и с 12 Вторичное золоторудное месторождение, развитое по малосульфидным жилам

а — проекция на вертикальную плоскость жилы; б — разрез вкрест простирания месторождения

1 — дайки диоритовых и диабазовых порфиров, 2 — штохи сиенит-диоритов, 3 — тектоническое нарушение, 4 — богатые руды зоны окисления, 5 — участки с повышенным содержанием золота и его видимых (до самородков) выделений; 6 — нижняя граница древней зоны окисления и линейной коры выветривания (палеоуровень грунтовых вод); 7 — нижняя граница многолетней мерзлоты (современный уровень грунтовых вод); 8 — выработанное пространство жил; 9 — горные выработки, 10 — аргиллиты; 11 — алевроаргиллиты; 12 — малосульфидные кварцевые жилы и их номера; 13 — частые находки золота в жилах; 14 — выработанное пространство жил

роста золотин и обуславливает вторичное золотое обогащение руд.

В составе руд подзоны вторичного золотого обогащения, кроме лимонитов, широко развиты скородит, кальцит и гипс, изредка встречаются малахит, азурит, церуссит, мельниковит. Среди гипергенных новообразований значительные скопления образует кварц, который не всегда удается отличить от первичного кварца поздних генераций; гипергенный кварц нередко обволакивает вторичные образования золота, что может усложнять выявление подзоны вторичного золотого обогащения и ее масштабы. Изучение внутренней структуры золотин, наличие высокопробных оболочек и межзерновых прожилков в золоте не всегда могут однозначно прояснить особенности процессов миграции и перетолжения гипергенного золота, характеризующегося сложным неоднородным внутренним строением.

Наиболее важным фактором, указывающим на формирование вторичного золотого обогащения, служит скопление перетолженных лимонитов, существенно обогащенных золотом, появление видимого золота, его концентраций, выдающихся и "ураганных" проб. Подзона полного окисления прослеживается от палеоповерхности выравнивания на глубину сотен метров (см. рис. 12,б). Она характеризуется низким содержанием золота, наличием полых, хорошо промытых трещин вдоль рудных тел, представленных сухаристым кварцем и кальцитом с яркоокрашенными лимонитами. Нами выделяется подзона выщелачивания мощностью по вертикали около 50 м, которая имеет переходные черты обеих подзон — окисления и вторичного обогащения и характеризуется повышенным содержанием золота. Если принять содержание золота в первичных рудах за единицу, то в подзоне полного окисления оно не составит и половины, в подзоне выщелачивания — полторы, а в подзоне вторичного золотого обогащения — 2 единицы и нередко более. В отдельных благоприятных в структурном отношении ловушках (Альбов, 1960) содержание золота в окисленных рудах увеличивается в десятки и сотни раз по отношению к первичным рудам. Примером такой ловушки может служить участок жилы на рис. 12,а: над штоками сиенито-диоритов отмечалось богатейшее содержание золота в ассоциации с гидроокислами железа. Аналогичный случай наблюдался над штоком в одной из богатейших в зоне окисления жил. В других многочисленных случаях в первичных рудах на глубине около штоков на месторождении не наблюдается повышенных содержаний, что само по себе зачеркнуло первоначальное объяснение золотого обогащения близостью к штокам.

В среднеплейстоценовое время с наступлением похолодания и долголетней мерзлоты, развитой и до нашего времени до глубины 120 м от поверхности, процессы окисления практически приостановились и зона окисления оказалась законсервированной. В то же время за четвертичный период благодаря энергичному поднятию местности произошло врезание и формирование современной гидросети и значительный размыв подзоны вторичного золотого обогащения, послуживший основным первоисточником богатейших россыпей района.

Установление пояса вторичного золотого обогащения в пределах рудного поля наряду с освоением первичных руд на глубоких горизонтах является научной основой для ревизии тысяч рудных жил, оставленных недоразведанными за пределами центрального участка горных работ. Вторичное золотое обогащение является одной из основ оценки перспектив на рудное и россыпное золото и приобретает практическое значение для сырьевой базы в пределах близлежащих рудных полей подобного типа.

ВТОРИЧНЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ,
РАЗВИТЫЕ ПО КРУПНЫМ МАЛОСУЛЬФИДНЫМ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫМ ЗОНАМ ДРОБЛЕНИЯ

Под крупными минерализованными зонами дробления следует понимать оруденение промышленных масштабов в литологически ограниченных участках горных пород, компетентных к растрескиванию в прерудный этап среди общей окружающей более пластичной массы. Обычно они представляют собой пачки повышенной известковой мощностью до сотен метров, становящиеся полностью рудными телами при гидротермальной обработке, в мощных толщах песчано-глинистых сланцев, часто метаморфизованных. Или это могут быть зоны тектонической активности в любых породах мощностью до сотен метров, или подробленные дайки магматических пород среди более пластичных вмещающих пород, обычно метаморфизованных песчано-глинистых сланцев.

Вторичные месторождения аналогичного типа Сера-Пелада в Бразилии в наши дни вызвали новую "золотую лихорадку". В Советском Союзе подобные открытия в течение последних десятилетий, сделанные в пределах Средней Азии и Сибири, воспринимаются более спокойно, но также поражают своей неожиданностью. Чтобы подобные открытия могли быть управляемыми, предлагаем рассмотреть особенности типичного месторождения северо-восточного сектора Азии (рис. 13), открытие которого в наше время — восьмидесятые годы внесло существенные коррективы в восстановление неоправданно приниженной в последние десятилетия существенной роли зоны окисления в распределении золота в рудных телах месторождений.

В 1936 г. некоторые ученые своевременно указывали на развитие зоны гипергенного золотого обогащения на соседнем с описываемым месторождении между абсолютными отметками 500—550 м. В окисленных рудах этого месторождения в течение первых 30 лет среднее содержание золота в товарной руде примерно в три раза превышает среднее содержание в первичных рудах. Отрицание многими специалистами выявленных закономерностей регионального характера развития вторичного обогащения привело к сдерживанию открытия, причем неожиданного, богатых окисленных руд на рассматриваемом месторождении более чем на полвека.

Рассматриваемое месторождение открыто десять лет тому назад к юго-западу от ранее известного соседнего месторождения с ярко вы-



Р и с . 13. Схема геологического строения вторичного золоторудного месторождения, развитого по крупным малосульфидным минерализованным зонам дробления (по В. А. Лопатину с дополнением автора)

1 — контур аллювиальных отложений, 2–5 — верхнепротерозойские метаморфические сланцы; 2 — кварцево-хлоритовые, кварцево-сланцевые с гранатами, 3 — кварцево-графитистые, 4 — кварцево-карбонатно-сланцевые с линзами мраморизованных известняков, 5 — кварц-сланцевые. 6 — гранитонды герцинского возраста, 7 — тектонические нарушения, 8 — рудные тела, представленные зоной окисления малосульфидных минерализованных зон дробления кварц-сланцево-карбонатных метасоматитов; 9 — россыпь золота с пониженным содержанием; 10 — фрагмент древней поверхности выравнивания (абс. отм. 780 м), 11 — ось антиклинальной складки, 12 — россыпь золота с повышенным содержанием; АВ — разрез через рудное тело

раженной зоной гипергенного золотого обогащения. В отличие от известного месторождения и массы россыпей, многие из которых являются крупнейшими, расположенных в пределах развития пластичных песчано-глинистых сланцев верхнего протерозоя, новое месторождение и начинающиеся от него небольшие россыпи приурочены к верхнепротерозойским пластичным песчано-глинистым сланцам другой свиты, вмещающим пачки сланцев с повышенным содержанием карбонатных пород. Эти пачки мощностью от десятков до сотен метров оказались компетентными к растрескиванию в период складкообразования в предрудное, внутрирудное и пострудное время. Это все предвосхитило формирование первичных рудных тел на полную мощность пачек повышенной известковистости, а по ним и мощных зон окисления в линейной коре выветривания сланцев глубиной до 270 м (между абсолютными отметками 770 м древней поверхности выравнивания и 500 м нижней границы зоны окисления и линейной коры выветривания).

Итак, месторождение приурочено (см. рис. 13) к антиклинальной складке субширотного простирания и расположено в черносланцевой толще, представленной кварцево-графитистыми песчано-глинистыми сланцами подсвиты верхнего протерозоя. Первичными рудными телами являются мощные (крупнообъемные) зоны дробления в малосульфидных метасоматитах, развившихся по пачкам кварц-слюдисто-карбонатных пород подсвиты верхнего протерозоя в результате гидротермальной деятельности. Последняя пространственно связана с герцинскими гранитоидами. Рудные метасоматиты являются продуктами окварцевания и сульфидизации пород и представляют собой сложнопленчатые тела.

Состав карбонатных пород представлен 30—60% кальцита, 25—45% мусковита и биотита, 10—15% кварца, а в перекрывающих их кварц-слюдистых сланцах 50—80% серицита, 20—30% тонкозернистого кварца, 5—10% хлорита и до 3% углеродистого вещества. Метасоматиты локализуются по контактам этих пород и отличаются от них более светлой окраской. Сложены они на 30—50% кальцитом, 30—35% кварцем, 10—20% мусковитом и 5—6% тонкой вкрапленностью сульфидов.

В рудах кварцевые прожилки гидротермального происхождения составляют незначительную часть среди общей массы метасоматитов. Сульфиды представлены в основном пиритом, встречаются арсенопирит, галенит, сфалерит, пирротин, антимонит, бертьерит, джемсонит и др. Золото в первичных рудах приурочено к сульфидам и имеет главным образом тонкодисперсный характер выделений.

Золото первичных руд в метасоматитах образует механическую примесь (0,01—0,001 мм) в игольчатом арсенопирите, пирротине и реже в кварце. Видимые выделения золота выявляются только в результате тонкого измельчения руды, встречаются они и в единичных поздних прожилках антимонита. Проба такого золота, по данным микрорентгеноспектрального анализа, составляет 747—890, иногда выделяется до 20% золотинок с пробностью 647—720.

На карте поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР масштаба 1:2 500 000 (составлена в 1971 г. под редакцией А. В. Сидоренко и И. П. Герасимова) в золотоносном регионе показано широкое развитие фрагментов разновозрастных древних поверхностей выравнивания, наиболее древней из которых является Юрская. Можно предположить, что после вывода эрозией рудных колонн на дневную поверхность имели место еще несколько более древних, срезанных сейчас доюрских поверхностей выравнивания. В непосредственной близости от месторождения на водоразделах Е. Я. Синюгиной в 1964 г. закартированы последняя поверхность выравнивания и синхронная ей во времени зона окисления.

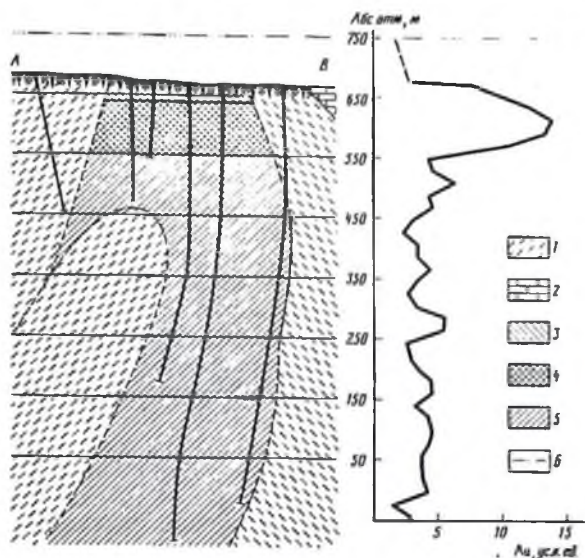
Перенос золота вниз по разделу просачивающимися водами в виде растворов и механическим путем более крупного золота по зоне окисления подтверждается прежде всего активной миграцией спор и растительных остатков в зоне аэрации. Сверху вниз по разрезу просачивающиеся воды вмывали и захороняли растительную пыльцу и споры, что было установлено опробованием по скважинам рыхлого охристо-аревритового материала и использовано по методике

Н.В. Нестерова (Нестеров и др., 1979) для датировки процессов выветривания метасоматитов. По данным определения палинологом Л.Н. Петерсон, в пробах с глубины 15 м пыльца четвертичного облика сменяется мезозойской, а с глубины 28 м отмечена (до 25 зерен на пробу) пыльца и палеозойского, до карбона включительно, облика — род *Niigosporites arquivatus* (Portl) Oxhur.

Подобные находки подчеркивают преимущество разных эпох линейного корообразования, когда спора и пыльца из более древних переносились водными растворами в более молодые коры выветривания в процессе многоциклического подъема земной коры. Из этого следует, что рассматриваемые зоны окисления месторождения претерпели весьма длительную и сложную историю формирования, начиная с образования палеозойского пенеплена до самых последних — верхнемел-палеогенового и плиоцен-нижнеплейстоценового возраста. Значительный вертикальный интервал дорудных, внутрирудных и неотектонических поднятий по мощным минерализованным зонам дробления предвосхитил формирование многоактных пенепленов, линейных кор выветривания и зон окисления с богатым гипергенным золотым обогащением. Древняя кайнозойская поверхность выравнивания (рис. 14) закартирована Е. Я. Синюгиной на абсолютной отметке 750—780 м. С ней синхронно во времени связана установленная бурением последняя (до абсолютной отметки 500 м) зона окисления рассматриваемого месторождения общей глубиной 250—280 м. В ней выделяется между абсолютными отметками 550—600 м подзона вторичного золотого обогащения, 600—650 м — подзона выщелачивания и выше — подзона полного окисления и выщелачивания, сохранившаяся высотой до 150 м от эрозии на абсолютных отметках выше 650 м (до поверхности выравнивания).

В период линейного корообразования сернокислотное выщелачивание руд и пород привело к растворению, переносу дисперсных выделений золота и накоплению его вторичных концентраций на гидрогеохимическом барьере (палеоуровне грунтовых вод) в ассоциации с переотложенными продуктами выветривания. Первичные убогие руды были выщелочены в зоне аэрации, и в зоне истечения в благоприятных структурах образовались практически значимые скопления дезинтегрированных легкообогащаемых гипергенных руд с высоким содержанием золота. В связи с этим не только нижние части зоны окисления (гипергенного обогащения), но в ряде случаев и продукты их близкого переотложения в зоне выщелачивания, по данным Г. А. Середенко, могут быть перспективными для поисков промышленных руд остаточно-инфильтрационного типа.

Подзона полного окисления и выщелачивания на месторождении сохранилась в виде реликта от его выхода на дневную поверхность на абсолютной отметке 670 м (см рис. 14) на глубину 20 м до абсолютной отметки 650 м. Интенсивность линейного выветривания пород находилась в прямой зависимости от степени дробления рудного тела. В тектонически нарушенных карбонатных породах произошло выщелачивание карбонатов, окисление сульфидов и их ожелезнение. По кварц-слюдистым слан-



Р и с 14. Разрез по линии АВ вторичного месторождения в крупной минерализованной зоне дробления (см. рис 13) с графиком изменения содержания золота с глубиной

1 — вмещающие рудное тело кварцево-графитистые сланцы верхнего протерозоя; 2 — замещающие рудным телом кварцево-карбонатно-сланцевые сланцы с линзами мраморизованных известняков верхнего протерозоя; 3, 4 — подзоны зоны окисления; 3 — выщелачивания, 4 — вторичного золотого обогащения; 5 — малосульфидная минерализованная зона дробления кварцево-карбонатно-сланцевых сланцев, 6 — палеповерхность выравнивания (K_2-P_2)

цам развивались гидрослюдистые аргиллизиты серого и бурого цвета с 20—60% щебнеобломочного материала. Количество обломочного материала по карбонатным породам составляет 10—20%, поэтому в корях преобладают пористые аргиллитовые продукты с новообразованиями монтмориллонит-гидрослюдистых глин.

Продукты выветривания рудных метасоматитов по карбонатным и кварц-сланцевым сланцам в линейной коре внешне не различимы.

Ожелезнены они одинаково и только иногда отличаются большим количеством включений тонкозернистого метасоматического и прожилкового кварца.

В подзоне выщелачивания между абсолютными отметками 650 и 600 м развивались мощные линейные коры выветривания и зоны окисления, в которых рудные метасоматиты превращались благодаря паря окислению сульфидов и кислого выщелачивания карбонатов в пористо-рыхлые или слабо сцементированные лимонит-кварцевые массы с хорошо сохранившимися первичными структурами. Сохранность полосчатости, создаваемой прослоями светлых гидрослюдистых и кварцевых аргиллизитов, подчеркнутых ожелезнением, свидетельствует о формировании дезинтегрированных продук-

тов на месте, без существенных смещений. Несминаемый, кварцевый скелет метасоматитов, сохранившийся при выщелачивании карбонатов и исключаяющий развитие карстовых процессов, и уплотнение разрыхляющихся продуктов обусловили подобную структуру материала коры линейного выветривания в подзоне выщелачивания

В подзоне вторичного золотого обогащения (абсолютные отметки 600—550 м) окисленные руды на 60—90% сложены шламистыми листочками размером менее 0,1 мм, пористость руды повышена до 35—45%. В них полностью переработаны сульфиды, карбонаты, углеродистое вещество и в меньшей мере щелочи, основания; увеличилось количество остаточного кремнезема. Содержание гидроокислов железа, марганца, глинисто-железистых и слюдисто-глинистых агрегатов за счет привноса. Эти преобразования определили состав руд подзоны вторичного золотого обогащения (точнее богатых окисленных руд): 46—88% кварца, 18—43% ожелезненных слюд, 5—18% гидроокислов железа и 5—10% глинистой фракции. Последняя, по данным дифрактометрии и и термических анализов, представлена смесью гидратированного серицита, монтмориллонита и каолинита. По данным ИК-спектроскопии, в лимонитах установлены гидрогетит, гетит и гематит. В окисленных рудах отсутствуют реликты сульфидов и даже псевдоморфозы по ним, что свидетельствует о переотложенном характере руд. Лимониты окрашивают фракции новообразований, глины, слюды, обломков пород, образуют гнезда, прослойки рыхлых охристых скоплений, выполняют трещины, пустоты и поры бурокоричневыми пленками, корочками и комковатыми желваками размером до 2—5 см. Удельный вес переотложенных лимонитов вниз от подзоны выщелачивания возрастает, и в подзоне вторичного золотого обогащения увеличивается содержание криптомелана, пиролюзита, скородита, сервантита, валентинита и биндгеймита.

Содержание золота в окисленных рудах увеличивается вниз по разрезу (см. рис. 14) по данным сравнения результатов опробования первичных и окисленных метасоматитов. При этом коэффициент вариации встречаемости проб с содержаниями все более возрастающих классов увеличивается постепенно в 2, 6, 12 раз, а геометризация проб по скважинам устанавливается уровень подзоны вторичного золотого обогащения. Естественно, что наиболее высокие содержания золота оказываются в нижней части зоны окисления на палеоуровне грунтовых вод (гидрогеохимическом барьере).

В подзоне выщелачивания в приповерхностных контурах линейных зон окисления метасоматитов площадь развития обогащения не превышает нескольких процентов, а с глубиной это соотношение меняется — в подзоне вторичного золотого обогащения самые золотоносные продукты выветривания занимают большую часть сечения зон окисления. Подобное явление обусловлено гипергенной концентрацией золота благодаря процессам инфильтрации. Аналогично возрастают средние содержания и коэффициенты концентрации золота. В среднем коэффициент концентрации по месторождению в зоне

окисления равен 2,91, но в подзоне вторичного золотого обогащения он повышается до 4,7 (см. рис. 14).

Во вмещающих рудные тела породах в непосредственной близости от контакта также происходит накопление золота в зоне окисления. Судя по коэффициенту концентрации, не превышающему 1,54—1,67, интенсивность накопления золота во вмещающих породах в 2—3 раза ниже, чем в рудном теле. Следовательно, при миграции вниз по разрезу зоны окисления золото могло только накапливаться без рассеяния, чему способствовали состав и структура залегания рудных метасоматитов.

Формирование больших объемов окисленных руд происходило широким фронтом в зоне окисления крупных минерализованных зон дробления. Поэтому при окислении сульфидов, растворении, миграции и вторичном осаждении золота в условиях карбонатной среды значительного укрупнения выделений золота не происходило. По данным технологического опробования, более 85% золота в окисленных рудах связано с охристым материалом размером менее 0,063 мм, из них 35% золота представлено пылевидными свободными выделениями, а остальное образует сростки с минералами зоны окисления. Более крупные выделения металла составляют 10—12% и извлекаются методом гравитации. Самородное золото в окисленных рудах образует пленки, крючковато-дендритовидные, октаэдрические, губчатокорковатые частицы и сростки с кварцем и лимонитом. Эти выделения, как правило, плотные с ямчатой поверхностью и покрыты "рубашкой" из гидроокислов железа. Проба, по данным микрозондирования колеблется в пределах от 732 до 991. Высокопробные золотины гомогенны, а выделения пониженной пробы характеризуются двух- или трехфазовым строением. Формы губчатых агрегатов "хрупкого" золота возникли в результате интеграции отдельных частичек и избылуют включениями окислов сурьмы и железа.

Связь повышенных концентраций золота с максимальным развитием фракций в окисленных рудах свидетельствует об ограниченной роли в продуктах выветривания остаточного гипогенного золота. Содержание последнего увеличивается в крупных фракциях руды, но выход их незначительный. Выявляемые в первичных метасоматитах пробирным анализом содержания золота всегда ниже, чем таковые в продуктах выветривания метасоматитов, что тоже указывает на незначительную роль остаточного золота в окисленных рудах.

Прямая корреляция между золотоносностью и количеством перетолженных лимонитов является одним из основных подтверждений накопления металла в зоне гипергенного обогащения. Главное значение вторичного обогащения понимается не как вынос при выветривании некоторых породообразующих окислов, а как миграция и переотложение золота.

Уменьшение объемного веса рыхлых образований не превышает 20—40%, в то время как золотоносность в подзоне вторичного золотого обогащения по сравнению с первичными рудами увеличилась в 1,7—4,8 раза. Как видно из графика (см. рис. 14), обогащение в подзоне гипергенеза между абсолютными отметками 550—600 м возрастает в

среднем почти в 4 раза по сравнению с содержанием золота в первичных рудах. Следовательно, за счет выноса некоторых породообразующих минералов произошло уменьшение объема веса руды и соответственно обогащение золотом в 1,2—1,4 раза. Следовательно, в результате миграции золота в зону гипергенеза из подзоны полного окисления и выщелачивания руды обогатились металлом в 2,6—2,8 раза. Особенно обогащены золотом не менее плотные, а весьма проницаемые разности пород, насыщенные переотложенными гидроокислами железа, марганца, сурьмы и др.

Основными агентами растворения и переноса золота явились соединения трехвалентного железа (Нестеров, 1985), так как в окисленных метасоматитах подзоны вторичного золотого обогащения наблюдается избыток гидрогетита и гематита. Имели место электрохимическое растворение золота, переход его в органоминеральные комплексы при бактериальном выщелачивании. Значительная часть металла мигрировала по зонам проницаемости в сорбированном и суспензионном виде, а также механическим путем.

В зоне гипергенеза происходило не только обогащение руды, но и укрупнение золотин до видимых размеров и даже самородков, что предопределило образование россыпных месторождений при размыве зоны гипергенеза конкретного малосульфидного месторождения (см. рис. 13).

Мощные рудные тела в слюдисто-кварц-карбонатных метасоматитах и прожилково-вкрапленных зонах служили широким фронтом проникновения и миграции золота вниз по падению пород, что явилось неблагоприятным признаком для роста и укрупнения золотин. Поэтому в долинах рек, дренирующих площади развития кор выветривания с зонами окисления метасоматитов, россыпи единичны, небогаты и характеризуются мелким золотом. Но мутные воды этих рек переносят в паводки значительное количество тонкодисперсного металла. Так, еще А. Ф. Лаговский в 1889 г. показал, что в кубометре мутной воды р. Енашимо во взвешенном состоянии содержится до 18 мг золота, а всего река уносит за сутки до 15 кг тонкодисперсного металла. Это явления суспензионной миграции золота проявляется не только в поверхностном стоке, несомненно, что подобный перенос имеет место и при дренаже подземных вод, особенно в зонах с весьма тонким золотом.

Г. А. Середенко (1985) приводит убедительные данные о миграции и накоплении вторичного золота в зоне гипергенеза золоторудных месторождений, в корах выветривания, на породах черносланцевого комплекса с низким содержанием гипогенного золота; наконец, в породах черносланцевого комплекса и вулканитах с рассеянной сульфидизацией вдали от рудных полей.

Золото в линейных корах выветривания пород черносланцевого комплекса и вулканитов с рассеянной сульфидизацией перераспределялось вниз по профилю с образованием на гидрогеохимическом барьере вторичного золотого обогащения, интенсивность которого находится в прямой зависимости от содержания металла в

исходном субстрате. В развитых профилях такого выветривания минимальное содержание золота в каолинитах верхней зоны полного окисления составило $4,5 \cdot 10^{-7}\%$; ниже — в зоне выщелачивания содержание золота в глинах повышается в 4,2 раза, а в зоне вторичного обогащения содержание золота в структурных глинах гидрослюдистого профиля составляет $79,8 \cdot 10^{-7}\%$. В зоне дезинтеграции содержание золота понижается до $33,6 \cdot 10^{-7}\%$.

Золотоносность пород черносланцевого комплекса и вулканитов в пределах рудных полей в связи с привнесом кварцево-сульфидной минерализации повышается в 3—4 раза по отношению к фоновому. Окислительное выветривание каолининового ряда в них проявлялось более интенсивно. В глинах гидрослюдистых зон, соответствующих по вертикали подзоне вторичного золотого обогащения, содержание золота повышается до $218,8 \cdot 10^{-7}\%$, в зоне интеграции падает до $130,5 \cdot 10^{-7}\%$, а в каолининовой зоне, соответствующей верхней подзоне полного окисления и выщелачивания, содержание золота не превышает $43,7 \cdot 10^{-7}\%$.

Зоны гипергенного золотого обогащения рудных тел, наиболее перспективные с наибольшими объемами первичных руд, приурочены к нижней части зоны окисления (высота около 50 м, см. рис. 14).

На основании изложенного можно заключить, что выветривание метасоматитов улучшало технологические свойства окисленных руд, делая их по сравнению с первичными более предпочтительными — с освобожденным золотом.

Вторичное обогащение в зонах окисления сопровождалось гипергенным укрупнением золота в среде выветривания слюдисто-кварц-карбонатных метасоматитов; в продуктах окисления большая часть золота оказалась пылевидной и дисперсной формы благодаря широкому фронту миграции тонкого золота с неблагоприятными условиями для роста.

ВТОРИЧНЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА "ЖЕЛЕЗНОЙ ШЛЯПЫ", РАЗВИТЫЕ ПО КОЛЧЕДАННОМУ ОРУДЕННИЮ

Формирование месторождений типа "железной шляпы" связано с глубоким выветриванием, окислением сульфидов колчеданных залежей и превращением их в сульфаты в верхней части месторождения сразу под поверхностью выравнивания. Растворимые сульфаты перемещались в нижележащую зону золотого обогащения, а сульфат закиси железа (ярозит) превращался в различные гидроокислы железа в результате быстрого окисления и гидратации. Классические месторождения типа "железные шляпы" хорошо изучены на Урале, в Казахстане, Средней Азии, Рудном Алтае и в Приморском крае, а также известны и за рубежом. В северо-восточном секторе Азии они также имеются, исследованы слабо, как и в целом кора выветривания, остаются практически неизученными.

А.А. Амираслановой (1937) на Карабашском, Гумишевском, Дегтяр-

ском, Блявинском и других колчеданных месторождениях Урала выделены в зоне окисления минералогические зоны (сверху вниз): "железной шляпы", "песков" (кварцевых, кварцево-баритовых и других сыпучек), сульфидной сыпучки и вторичного сульфидного обогащения. На разных месторождениях эти зоны выглядят не одинаково. Сравнивая геохимические профили коры выветривания гранитов и зоны окисления колчеданных рудных месторождений, В.П. Петров (1967 г.) горизонт каолинитов сопоставляет с зоной "железной шляпы", горизонт гидрослюд — с зоной сыпучек, горизонт дресвы — с зоной вторичного сульфидного обогащения.

В уральских золоторудных колчеданных залежах Сибаяевского, Учалинского, Гайского месторождений выделена зона окисления с подзоной вторичного золотого обогащения (горизонт баритовой сыпучки, развития халькозина и ковеллина).

Золотоколчеданные месторождения Урала изучены не одним поколением геологов. Основной вклад в исследование геологии и минералогии месторождений внесли А.Н. Заварицкий, А.Г. Бетехтин, М.Б. Бородаевская, Н.И. Бородаевский, А.А. Иванов, Н.В. Петровская, В.А. Прокин и др. Эти месторождения, по данным указанных исследователей, составляют отдельную генетическую группу сульфидных месторождений, отличающуюся рядом типоморфных особенностей. Это — четкие контакты сплошных руд с вмещающими породами и вкрапленными рудами, развитие массивных равномернозернистых перекристаллизованных руд, значительное распространение руды с полосчатыми, колломорфными и гнейсовидными структурами, преобладание сплошных руд с тонкозернистыми структурами, в которых размеры кристаллических зерен пирита и других сульфидов не превышают долей миллиметра, редко первые миллиметры; не всегда отчетливое внутреннее зональное строение пирита в месторождениях, испытавших региональный метаморфизм, и отчетливое в месторождениях, менее метаморфизованных, распространенность ассоциации трех рудных минералов: пирита, сфалерита и халькопирита, сопровождающихся кварцем, иногда баритом, при содержании пирита обычно менее 70—80%.

Золотоколчеданные залежи при детальном изучении характеризуются непостоянством минерального состава, текстур и структур руд, асимметричной или правильной зональностью в распределении различных типов руд, приуроченностью сплошных массивных медистоколчеданных или серноколчеданных руд к центру залежей, реже руд, обогащенных халькопиритом и сфалеритом, к лежащему боку и флангам. Для месторождений характерны локальное развитие борнитовых руд, приуроченных к медноколчеданным и медноцинковым разновидностям, образование пирротиновых руд, весьма редких, преимущественно на глубоких горизонтах рудных залежей, образование ореолов вкрапленных руд около массивных руд, вкрапленность которых представлена в основном пиритом, иногда развитие ангидрита в гидротермально-измененных вмещающих породах.

По пространственному положению и текстурным признакам сплош-

ные руды создают главную промышленную ценность почти всех первичных золотоколчеданных месторождений и существенно преобладают над развитием вкрапленных руд. Наиболее распространенными структурами сплошных руд являются гипидиоморфнозернистые и аллотриаморфнозернистые, порфириовидные и гранобластовые, катакластические и метаколлоидные. Вкрапленные руды представляют собой кварцево-серицитовые, кварцево-серицит-хлоритовые сланцы или массивные горные породы того же состава, содержащие менее 50% вкрапленности сульфидов. Они имеют равномерновкрапленные, сгустково- и прожилково-вкрапленные, полосчатые, линзовидные и чечевицеобразные текстуры. Структуры их большей частью зернистые, реже встречаются катакластические и коррозионные, очень редко и большей частью среди массивных горных пород — метаколлоидные, колломорфные и распада твердых растворов.

Первичные руды медноколчеданных месторождений, например Урала, по данным приведенных исследователей, имеют сходный минеральный состав и отличаются только соотношением главных минералов. Иногда в отдельных золотоколчеданных месторождениях проявляются некоторые различия в парагенезисе и количественном содержании второстепенных и редких минералов, а также в парагенезисе минералов гидротермально-измененных пород.

Более 70 минералов установлено в составе гипогенных золотоколчеданных уральских месторождений (табл. 15).

Главным минералом, за единичными исключениями, во всех месторождениях является пирит. В Блявинском месторождении в сравнении с ним количество распростран тонкодисперсный дисульфид железа, ранее относимый к мельниковиту, в Мелентьевском — галенит и в Южной Кузнечихе — сфалерит. К главным минералам относятся сфалерит и халькопирит, в отдельных месторождениях — блеклая руда (теннантит), борнит, пирротин, магнетит. Нерудные минералы развиты в подчиненном количестве. Главные из них — кварц, в ряде месторождений барит, кальцит, сидерит, серицит и хлорит. Ассоциация нерудных минералов определяется составом вмещающих пород.

В пострудную стадию рудовмещающие полости и трещины в результате неотектонических движений были подновлены по контактам и внутри рудных масс, что предвосхитило их проницаемость в гипергенную стадию.

В зависимости от геоморфологических циклов, как и на других месторождениях, в золотоколчеданных залежах развивались зоны окисления разной глубины заложения, синхронные во времени разновозрастным (в том числе древним) поверхностям выравнивания. На известных месторождениях реликты зон окисления, сохранившиеся от размыва, по высоте составляют 20—50 м, реже более. Под дневной поверхностью в этом случае находится реликт подзоны полностью окисленных и выщелоченных руд, или "железная шляпа", сложенная бурыми железняками. Ниже расположена подзона выщелачивания, представленная кварцевыми или кварцево-баритовыми песками, иногда кремнисто-гипсовой сыпучкой или кремнистой плотной

Т а б л и ц а 15

Минеральный состав^{*} первичных руд
золотоколчеданных месторождений Урала

Главные	Второстепенные	Редкие и очень редкие
Пирит, халькопирит, сфалерит, кварц, иногда барит В отдельных месторождениях и залежах: мельниковит, пирротин, магнетит, теннантит, халькозин, борнит, сидерит, хлорит, серицит	Серицит, хлорит, кальцит, сидерит, теннантит, халькозин, галенит, магнетит, гематит, мушкетовит, арсенопирит, рутил	Самородные золото и серебро, электрум, гессит, петцит, штроейерит, алтант, хлейофан, вюртцит, киноварь, пентландит, дигенит, оранжеборнит, валлернит, кубанит, клокманит, тетрадимит, теллуриовисмутит, калаверит, креннерит, сульванит, молибденит, гринокит, фрейбергит, германит, реньерит, аякиннит, станнын, энаргит, фематинит, люционит, марказит, тетрадрит, ильменит, маггемит, флюорит, доломит, анкерит, ферродоломит, пистомезит, гипс, роговая обманка, биотит, мусковит, амфибол, альбит, пирофиллит, цеолиты, турмалин, апатит, хсантофиллит, эпидот, цонзит, клиноцонзит

^{*}По данным различных исследователей.

Т а б л и ц а 16

Минеральный состав зоны окисления
золотоколчеданных месторождений Урала
(Амирасланова, 1937 и др.)

Основные	Второстепенные	Редкие и очень редкие
Гидрогетит, гидрогематит, лимонит, кварц, ковеллин, халькозин (в отдельных месторождениях язозит)	Дигенит, барит, халцедон, опал, кварцин, маршалит, лепидокрохит, гематит, гидрولهпидокрохит, гидрогетит, кальцит, церуссит, англезит, алунит, натриевый алунит, язозит, натроярозит, мелантерит, пизанит, халькантит, феррихалькантит, галотрихит, диастор, каолинит, гидрослюда, галлуазит, ферригаллуазит, нонтронит, аллофан, хризоколла, калиевые квасцы	Сера, самородная медь, самородное серебро, золото и ртуть, оранжеборнит, серебряносвинцовые охры, атакамит, куприт, тенорит, делафоссит, базобисмутит, алюминит, эпсомит, сидеротилит, фиброферрит, малахит, азурит, чермикит, медная копалит, ремерит, дистензит, ссомольникит, сульванит, оливенит, гринокит, клокманит, аргентит, фасфоскородит, эмболит, кераргирит, иодирит, вад, псиломелан, ангидрид, вивианит

массой. Еще ниже образуется слой пиритовой сыпучки, представляющий собой подзону частичного выщелачивания и состоящий практически из одного пирита. Сплошная колчеданная руда постоянно сменяет пиритовую сыпучку ниже по разрезу. В массивных рудах по трещинам в результате окисления халькопирита разви-

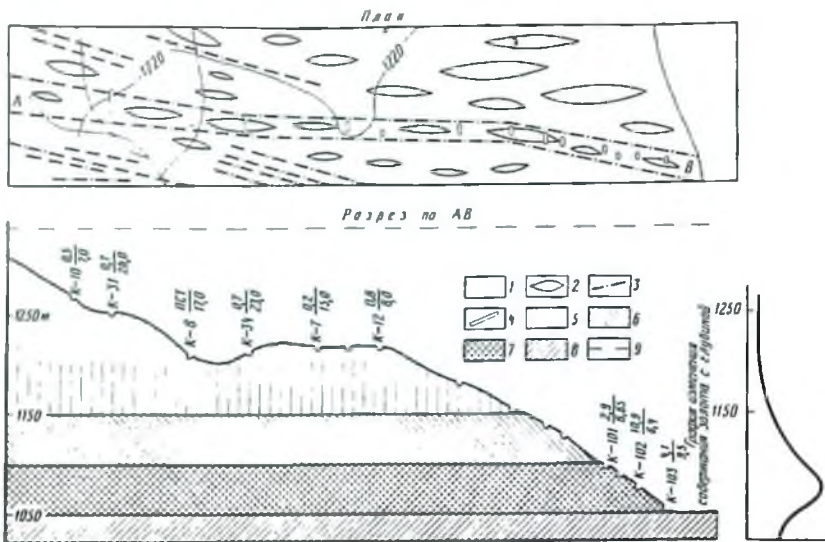
ваются халькозин и ковеллин. Эти минералы являются показателями подзоны вторичного сульфидного обогащения. На Блявинском месторождении в связи с размывом древней коры выветривания верхнемеловым морем сформировалась подзона сульфатно-сульфидного вторичного обогащения с образованием гипса, халькопирита, мелантерита и других сульфатов. Подзона вторичного сульфидного обогащения постепенно сменяется первичными рудами.

В составе окисленных руд выделяются более 80 гипергенных минералов. Минералы зоны окисления представлены как остаточными гипогенными, так и новообразованными в условиях гипергенеза. К остаточным минералам относятся кварц, барит, серицит, к новообразованным — минералы группы окислов и гидроокислов железа, из сульфидов — ковеллин, реже халькозин. Значительно меньше распространены минералы группы кремнезема, некоторые сульфаты, карбонаты и глинистые минералы (табл. 16).

В последние десятилетия в северо-восточном секторе Азии выявлены, в частности на территории Забайкалья, колчеданные провинции полиметаллических руд с мощными зонами окисления. Известно здесь и слабозазведанное золотоколчеданное месторождение (рис. 15) также с мощной глубокой древней зоной окисления. Описание нами оруденения приводится с использованием материалов И.А. Охотникова, Е.А. Намолова, М.П. Лобанова, Г.Л. Митрофанова, И.И. Шатохина, П.А. Асташова и др., проводивших исследования в 1968—1972 гг. Вещественный состав и генезис руд изучались С.А. Гурулевым, Г.А. Феофилактовым и др.

Золотоколчеданное месторождение приурочено к зоне субмеридионального глубинного разлома, окаймляющего с северо-востока и востока жесткую глыбу. Эта зона сложена, по данным одних исследователей, вулканогенными, а по данным других — магматическими комплексами нижнего протерозоя; породы подвержены сильнейшему метаморфизму. Интрузивный комплекс формации габбро-плагиогранитов представлен диабазами, габбро-диабазами, габбро, габбро-диоритами — I фаза и планиогранитами, гранодиоритами и кварцевыми диоритами — II фаза. Эти породы в зоне разлома превращены в ортосланцы, иногда относимые некоторыми исследователями к вулканогенным и осадочным образованиям. В составе комплекса ультраосновных пород преобладают серпентиниты, серпентинизированные перидотиты и продукты их гидротермально-метасоматической переработки — листвениты и тальк-карбонатные сланцы. Выделяется также комплекс жил микроклиновых гранитов, даек диабазов и кварцевых порфиров.

Оруденение, по данным И.И. Шатохина, Г.Л. Митрофанова, С.А. Гурулева и нашим наблюдениям, локализовано в мощной (100—120 м) зоне динамометаморфизма, проявленной в эффузивной толще, сложенной кварцевыми порфирами, фельзит-порфирами, амфиболитизированными диабазами нижнего протерозоя. Зона состоит из серии параллельных и разрозненных полос рассланцевания, катаклаза, лимонитизации и сближенной трещиноватости. Вмещающие породы в зоне подвержены интенсивному зеленокаменному метаморфизму,



Р и с . 15 Вторичное золоторудное месторождение типа "железной шляпы", развитое по колчеданным залежам

1 — зона рассланцевания и милонитизации вулканогенной толщи кварцевых порфиров, фельзит-порфиров и диабазов, 2 — колчеданные залежи, 3 — разрывное нарушение, 4 — каналы, 5—7 — подзоны зоны окисления руд 5 — полного окисления и выщелачивания, 6 — выщелачивания, 7 — гипергенного золотого обогащения, 8 — первичные руды. По каналам в числителе — содержание золота в руде (в усл. ед.), в знаменателе — мощность рудного тела (в м); 9 — поверхность выравнивания (N₁—N₂)

выразившемуся в сульфидизации, хлоритизации и карбонатизации эффузивов основного и среднего состава, в серицитизации кислых эффузивов и гранитов и лиственитизации серпентинитов.

Золотоколчеданные залежи в пределах зоны представлены серией линзовидных кулисообразно расположенных тел. Изучена главная рудная зона колчеданного оруденения протяженностью в сотни метров, являющаяся северной частью протяженной рудоносной структуры.

Выделены три стадии рудообразования гидротермально-метасоматического генезиса: кварц-пиритовая, сульфидно(халькопирит-галенит-сфалерит)-карбонатная и теннантит-галенит-кварц-карбонатная. Преобладают колчеданные руды. Для них характерны линзовидно-полосчатые и вкрапленно-полосчатые текстуры, лепидогранобластовая, гранобластовая и катакластические структуры. Основным рудным минералом является пирит, содержание которого колеблется от 30 до 80%. Редко встречаются халькопирит и сфалерит. Зерна пирита неправильной формы и размеры их достигают 1 мм. Пирит дроблен по трещинам катаклаза, и на стыках зерен наблюдается грануляция.

Золото обнаружено в сульфидно-колчеданных рудах Свободного

золота в протолочках руд и шлихах из окисленных руд не установлено, кроме одного зерна, встреченного И.И. Шатохиным при промывке пробы из нижней части зоны окисления. В рудах преобладает тонкодисперсное золото. Над сульфидно-колчеданными рудами развита зона окисления, сложенная гидроокислами железа. Особенно четко она выражена в северной рудной залежи и представлена лимонитовыми охрами. Здесь широко распространены лимониты, а также встречаются борнит, ковеллин, халькозин, азурит, малахит, а также копириу и блеклой руде. Наряду с этими минералами отмечаются церуссит, сульфаты (гипс, квасцы), а также самородное золото и медь, сера и серебро.

Развитие зон окисления над золотоносными колчеданными рудами месторождения, залегающих в эффузивной толще, позволяет по аналогии с известными золотоносными древними корами выветривания Урала, Казахстана, Енисейского края, Забайкалья и других регионов по-новому оценить перспективы золотоносности месторождения, в первую очередь на выявление богатых горизонтов золота в зоне гипергенеза (см. рис. 15). Окислению колчеданных руд благоприятствовали теплый в доледниковый период климат, трещиноватость сплошных руд, резкие контакты их с силикатными вмещающими породами, подвергнутыми интенсивной лимонитизации и катаклазу. В этих условиях по колчеданным залежам образованы под поверхностью выравнивания глубокие (до 300 м) линейные зоны окисления с горизонтами руд, гипергенно обогащенных золотом в нижней части. В связи с указанными представлениями обосновываются перспективы месторождения и постановка поисковых работ на золото.

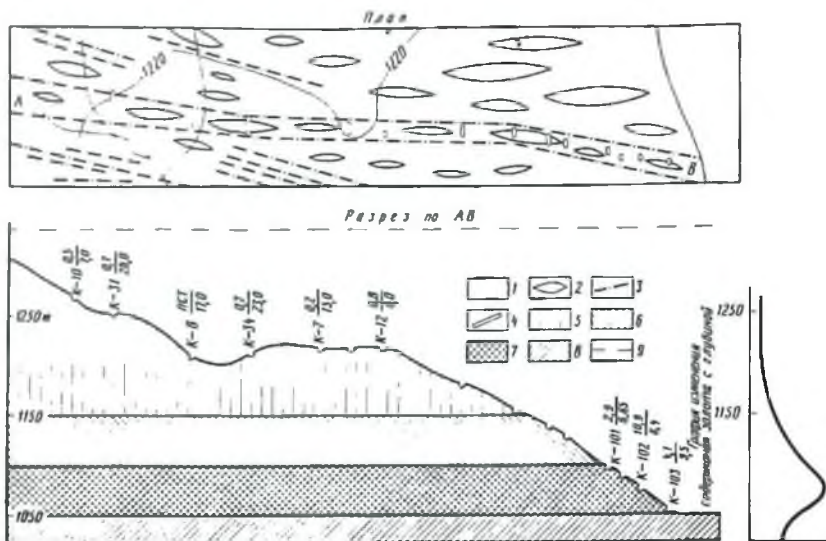
Глава II

ОЦЕНКА, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономические особенности проведения оценочных и поисковых работ богатых вторичных золоторудных месторождений как в северо-восточном секторе Азии, так и на земной шаре в целом осложнены целым рядом следующих отрицательных факторов.

Во-первых, в пределах северо-восточного сектора Азии, как, впрочем, и в других золотоносных районах мира, различными организациями и в разное время проведены целенаправленные высококвалифицированные поиски рудного золота. Наряду с этим выполнен огромный объем бессистемных геологоразведочных работ в том же направлении, базирующийся на недостаточно разработанной научной основе, практически со времени открытия россыпей и доныне.

На примере рассматриваемого региона, известного обилием проявлений золотоносности разных типов и формаций и обследованного нами, имеется возможность существенной коррективы методики оценки, поисков и разведки не только вторичных, но и первичных



Р и с 15 Вторичное золоторудное месторождение типа "железной шляпы", развитое по колчеданным залежам

1 — зона рассланцевания и милолитизации вулканогенной толщи кварцевых порфиров, фельзит-порфиров и диабазов; 2 — колчеданные залежи; 3 — разрывное нарушение; 4 — каналы; 5—7 — подзоны зоны окисления руд 5 — полного окисления и выщелачивания, 6 — выщелачивания, 7 — гипергенного золотого обогащения; 8 — первичные руды По каналам в числителе — содержание золота в руде (в усл. ед.), в знаменателе — мощность рудного тела (в м); 9 — поверхность выравнивания (N_1-N_2)

выразившемуся в сульфидизации, хлоритизации и карбонатизации эффузивов основного и среднего состава, в серицитизации кислых эффузивов и гранитов и лиственитизации серпентинитов

Золотоколчеданные залежи в пределах зоны представлены серией линзовидных кулисообразно расположенных тел. Изучена главная рудная зона колчеданного оруденения протяженностью в сотни метров, являющаяся северной частью протяженной рудоносной структуры.

Выделены три стадии рудообразования гидротермально-метасоматического генезиса: кварц-пиритовая, сульфидно(халькопирит-галенит-сфалерит)-карбонатная и теннантит-галенит-кварц-карбонатная. Преобладают колчеданные руды. Для них характерны линзовидно-полосчатые и вкрапленно-полосчатые текстуры, лепидогранобластовая, гранобластовая и катакластические структуры. Основным рудным минералом является пирит, содержание которого колеблется от 30 до 80%. Редко встречаются халькопирит и сфалерит. Зерна пирита неправильной формы и размеры их достигают 1 мм. Пирит дроблен по трещинам катаклаза, и на стыках зерен наблюдается грануляция.

Золото обнаружено в сульфидно-колчеданных рудах Свободного

золота в протолочках руд и шлихах из окисленных руд не установлено, кроме одного зерна, встреченного И.И. Шатохиным при промывке пробы из нижней части зоны окисления. В рудах преобладает тонкодисперсное золото. Над сульфидно-колчеданными рудами развита зона окисления, сложенная гидроокислами железа. Особенно четко она выражена в северной рудной залежи и представлена лимонитовыми охрами. Здесь широко распространены лимониты, а также встречаются борнит, ковеллин, халькозин, азурит, малахит по халькопириту и блеклой руде. Наряду с этими минералами отмечаются церуссит, сульфаты (гипс, квасцы), а также самородное золото и медь, сера и серебро.

Развитие зон окисления над золотоносными колчеданными рудами месторождения, залегающих в эффузивной толще, позволяет по аналогии с известными золотоносными древними корами выветривания Урала, Казахстана, Енисейского края, Забайкалья и других регионов по-новому оценить перспективы золотоносности месторождения, в первую очередь на выявление богатых горизонтов золота в зоне гипергенеза (см. рис. 15). Окислению колчеданных руд благоприятствовали теплый в доледниковый период климат, трещиноватость сплошных руд, резкие контакты их с силикатными вмещающими породами, подвергнутыми интенсивной лимонитизации и катаклазу. В этих условиях по колчеданным залежам образованы под поверхностью выравнивания глубокие (до 300 м) линейные зоны окисления с горизонтами руд, гипергенно обогащенных золотом в нижней части. В связи с указанными представлениями обосновываются перспективы месторождения и постановка поисковых работ на золото.

Глава II

ОЦЕНКА, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономические особенности проведения оценочных и поисковых работ богатых вторичных золоторудных месторождений как в северо-восточном секторе Азии, так и на земной шаре в целом осложнены целым рядом следующих отрицательных факторов.

Во-первых, в пределах северо-восточного сектора Азии, как, впрочем, и в других золотоносных районах мира, различными организациями и в разное время проведены целенаправленные высококвалифицированные поиски рудного золота. Наряду с этим выполнен огромный объем бессистемных геологоразведочных работ в том же направлении, базирующийся на недостаточно разработанной научной основе, практически со времени открытия россыпей и донные.

На примере рассматриваемого региона, известного обилием проявлений золотоносности разных типов и формаций и обследованного нами, имеется возможность существенной коррективы методики оценки, поисков и разведки не только вторичных, но и первичных

месторождений золота с учетом новой научной основы о глобальном развитии гипергенного золотого обогащения, и, как следствие, методики проведения эксплуатационных работ. С самого начала поисков и разведки их необходимо комплексировать с будущей отработкой руд

Во-вторых, за редким исключением стоимость проходки геологоразведочных выработок на месторождениях финансируется из бюджетных государственных средств и в стоимость добытого золота не включается, что механически позволяет не использовать эти выработки при эксплуатации месторождений, проводить их с отступлениями.

Экономический фактор при оценке нередко забывается. Так, например, следует помнить, что если мысленно перенести блок Южной Африки с золоторудным месторождением Витватерсранд с разведанными запасами и техническим оснащением в суровые условия Крайнего Севера или даже средней полосы северо-востока Азии, то почти все его горизонтальные жилы первичной руды мощностью 0,5 м в среднем с содержанием золота в руде 4,0 г/т окажутся не промышленными.

Все рудное золото за небольшим исключением месторождений других типов северо-восточного сектора Азии получено при эксплуатации вторичных золоторудных месторождений, хотя основные объемы геологоразведочных и эксплуатационных работ в мире затрачены на оценку, поиски и добычу золота первичных руд.

Второй парадокс заключается в том, что первичные руды на всех известных золоторудных месторождениях не имеют, по данным геологоразведочных работ, естественных границ на флангах и особенно на глубину, а в окисленных рудах вторичных золоторудных месторождений горная промышленность испытывает постоянный дефицит. Тем не менее основной объем затрат на геологоразведочные и эксплуатационные работы продолжают направлять на поиски и добычу золота первичных руд, так как вторичные месторождения объявлены "крамольными" и считаются полностью отработанными (если следуют тезису о том, что все то, что лежало на поверхности, отработано и надо идти на глубину, и идут).

Вместе с тем, наиболее выгодные по размеру, содержанию золота, системе отработки (более открытые), извлечению металла месторождения за годы Советской власти и ранее обнаружены и продолжают открываться в СССР и за рубежом (Бразилия, Австралия) в зоне гипергенеза. Более того, замечено, что только размыв вторичных золоторудных месторождений приводит к формированию крупных и богатых россыпей золота

Исходя из глубокого анализа истории добычи рудного золота в мире становится предельно ясным то, что все отработанные богатые месторождения окисленных руд и открытые случайно из-за того, что "лежали на поверхности или имели выход на поверхность", составляют ничтожно малую часть от их общих огромных запасов, практически "не распечатанных".

Поэтому необходимо прежде всего критически пересмотреть все

материалы проведенных в золотоносных регионах геологоразведочных и эксплуатационных работ на рудное и россыпное золото во все времена

Затем необходимо тщательно изучить прогнозные ресурсы рудного и россыпного золота, определенные на основании только эндогенных факторов образования месторождений, на базе которых планируют перспективное развитие геологоразведочных работ во всех золотоносных регионах.

И наконец, необходимо составить прогноз ресурсов рудного и россыпного золота с учетом регионального характера развития явления вторичного золотого обогащения и на его основе составить перспективный план развития геологоразведочных и эксплуатационных работ по регионам и месторождениям на ближайшую и длительную перспективу.

При тщательном анализе мы встречаемся с любопытными деталями. Парадоксально, но факт, что старинные рудознатцы понимали толк во вторичных золоторудных месторождениях и с ювелирной точностью могли осуществлять их поиски не только канавами и штольнями, но и шахтами. В более позднее время попытки поисков богатых руд в этих месторождениях на глубине не увенчались успехом. Подобные результаты получали при углублении древних разработок, которые были якобы приостановлены в связи с энергичным водопритоком и невозможностью его откачки.

Особенности геологических условий в районах проведения поисков вторичных золоторудных месторождений резко отличны. Это, прежде всего, разная степень сохранности одной, сразу двух и более разновозрастных зон окисления, синхронных соответствующим поверхностям выравнивания. В условиях многолетней мерзлоты все они могут оказаться срезанными с обнажением первичных руд месторождений и формированием богатых россыпей с крупным золотом. Сохранившиеся реликты вторичных месторождений могут быть подняты в водоразделах под поверхностями выравнивания на разные уровни или опущены в днища впадин, заполненных рыхлыми отложениями разной мощности. В зависимости от наличия в разрезе тех или иных комплексов коры выветривания в золотоносных районах могут быть одно-, двух-, трех- и четырехъярусного строения. В пределах плит древних и молодых платформ выделяется до 8 ярусов (фрагментов) разновозрастных поверхностей выравнивания с синхронными линейными корами выветривания и зонами окисления значительной глубины развития (Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР, 1971 г.).

В отдельных районах складчатости и областей активизации сохранились реликты мезо-кайнозойских впадин, где палеозойский складчатый комплекс перекрыт покровным комплексом мезо-кайнозойского возраста. В качестве примеров в северо-восточном секторе Азии можно привести многочисленные впадины в золотоносных районах Дальнего Востока, Забайкалья, а также впадины среднеазиатских золотоносных регионов.

Условия доступности и обнаженности зон окисления определяют

методику проведения оценочных и поисковых работ в районах их развития В обнаженных одноярусных золотоносных регионах, обычно обрамляющих плиты, на поверхности складчатых комплексов, как правило, широко представлены коры выветривания мезо-кайнозойского цикла Маломощные четвертичные, изредка третичные отложения перекрывают эти коры Большинство многих полезных ископаемых в остаточных месторождениях кор выветривания приурочены именно к этим регионам (Ли, 1983). Возможно и вторичные золоторудные месторождения в областях развития россыпей следует искать в подобных районах Благоприятными для оценки и поисков вторичных золоторудных районов являются среднегорные золотоносные районы с фрагментами древних поверхностей выравнивания или хотя бы реликтов синхронных с этими поверхностями зон окисления К таким регионам относятся северо-восточный сектор Азии, Урал, Средняя Азия и ряд зарубежных золотоносных районов В этих благоприятных условиях поисковым целям служат геолого-геоморфологические маршруты, в которых используется при необходимости комплекс геохимических, буровых и горнопроходческих работ, обследуются выходы нижней части зоны окисления в бортах долин водотоков На площадях со значительной мощностью элювиальных, делювиальных, коллювиальных и аллювиальных отложений используются косвенные поисковые методы На территориях с погребенными корами и зонами окисления поиски начинаются с анализа имеющихся геологических карт субстрата, карт палеорельефа, данных бурения, геофизики и прочих материалов с целью определения возможного нахождения погребенных кор и зон окисления Затем уже при установлении такой возможности на потенциально перспективных площадях проводят комплекс геохимических, геофизических, буровых и горнопроходческих работ

Целевая установка оценочных и поисковых работ в золоторудных регионах определяется задачами сопутствующих геологической съемке исследований по общей оценке перспектив поисков месторождений с первичными, богатыми окисленными рудами.

В золотоносных районах, где практически проведены мелко- и среднемасштабные геологосъемочные работы, предусматриваются новый комплекс среднемасштабных геологосъемочных работ, предварительные оценочные работы с целью выделения заслуживающих первоочередной постановки детальных поисков или поисково-оценочных работ рудопроявлений Эти работы ставятся на площадях сочетания эндогенных и экзогенных критериев поисков новых месторождений или с целью доразведки известных рудопроявлений, эксплуатируемых или законсервированных месторождений В каждом конкретном случае разрабатывается рациональная комплексная система, включающая геохимические, геофизические, геолого-геоморфологические исследования, бурение колонковых или ударно-канатных скважин, проходку поверхностных или подземных горных выработок Поисково-оценочные работы включают тщательную документацию и опробование горных выработок с составлением геологических карт, схем, планов и разрезов в необходимом масштабе для

достижения поставленных конкретных целей. Конечной целью предварительных оценочных работ перспективных рудопроявлений, связанных с зоной окисления, должны быть: пространственные масштабы оруденения в зоне окисления, морфологический тип вторичных месторождений, элементы залегания, геохимический и литологический профили этих месторождений и по отдельным пересечениям мощность продуктивной части зоны окисления, ее минеральный состав, содержание золота.

Предварительная оценка вторичных рудопроявлений золота заключается в накоплении данных для литолого-минералогической, геолого-геоморфологической и геохимической характеристик продуктивной части зоны окисления и выяснения условий ее образования, в том числе способов миграции и концентрации золота.

К первоочередным золотоносным площадям следует отнести перспективные рудопроявления в освоенных промышленных районах и характеризуемые выгодными горнотехническими условиями. Особого внимания заслуживают эксплуатируемые или законсервированные, ранее эксплуатируемые месторождения, либо перспективные рудопроявления в рудно-россыпных золотоносных регионах, где ресурсы россыпного золота подходят к концу, и следует решать социальные проблемы сложившихся трудовых коллективов. К золотоносным площадям второй очереди следует отнести массу перспективных рудопроявлений в новых рудных районах с облегченными горнотехническими условиями (либо открытый способ эксплуатации, либо подземный — по штольневому рельефу). К золотоносным площадям третьей очереди необходимо отнести все остальные рудопроявления со сложными горнотехническими условиями разведки и эксплуатации (равнинный рельеф с подземным способом проведения работ, горный рельеф с рудопроявлениями во впадинах или перекрытых рыхлыми отложениями) или в районах с сомнительными перспективами.

При определении очередности освоения перспективных площадей на выявление вторичных золоторудных месторождений главными критериями должны быть фон золотоносности, наличие фрагментов поверхностей выравнивания и россыпной золотоносности. При этом богатство россыпей не определяет перспективы выявления вторичных золоторудных месторождений, так как при наличии богатых россыпей пояс гипергенного золотоносного обогащения может быть полностью размыт и его золото переотложено в россыпи, либо, наоборот, при слабой эрозии пояса гипергенного золотого обогащения вторичные месторождения будут иметь лучшую сохранность в пределах развития сравнительно небольших россыпей.

Наиболее сложны поиски погребенных вторичных золоторудных месторождений даже в том случае, если эти месторождения сопровождаются погребенными россыпями, и еще более сложны при отсутствии россыпей, но при хорошей сохранности месторождений от размыва. Поиски погребенных вторичных месторождений начинаются стадийно с выявления площадей возможного развития поверхностей выравнивания, линейных кор выветривания, зон окисления на

основе комплексной системы анализа имеющихся геолого-геоморфологических карт, субстрата, карт палеорельефа, геохимических, геофизических, буровых и других материалов, характеризующих эндогенное и экзогенное оруденение. На выбранных потенциально перспективных площадях осуществляются стадийные геохимические, геофизические, геоморфологические, буровые, открытые и подземные горнопроходческие работы. При документации этих работ большое значение имеет детальное выяснение вещественного состава первичных руд, характера поверхностей выравнивания и глубины зон окисления. От перечисленных особенностей зависит степень развития и сохранности зон вторичного золотого обогащения, перспективы и размах вторичных золоторудных месторождений.

Таким образом, способ относится к поисковой геологии и может быть использован для выявления месторождений с богатыми промышленными запасами. Целью способа является повышение достоверности поиска за счет уточнения границ зон вторичного золотого обогащения. Способ реализуется следующим образом. На перспективных площадях геоморфологическим картированием устанавливают положение фрагментов древних поверхностей выравнивания в качестве верхней границы зоны окисления или интерполируют эту границу по однотипным точкам рельефа с геоморфологических карт соседних площадей.

Картированием подземных выработок по степени окисленности определяют подошву зоны окисления рудных тел или ее реликтов, определяют верхнюю границу зоны выщелачивания, которая проявляется по наличию скоплений минералов зоны гипергенеза, преимущественно переотложенного лимонита, а также скородита, малахита, видимого золота и т.д. Параллельно древним поверхностям выравнивания проводят границы зоны вторичного золотого обогащения, и в этой зоне осуществляют комплекс разведочных исследований.

Способ позволяет целенаправленно разведывать и отрабатывать богатые на золото руды конкретных горизонтов, а также уменьшить затраты на количество этих горизонтов с одновременным повышением добычи золота.

Глава III

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ВЫЯВЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С целью разработки системы поиска вторичных месторождений следует рассмотреть схему образования всех известных месторождений северо-восточного сектора Азии и сопредельных территорий не только с эндогенных, как это обычно проводилось до нас, но и с экзогенных позиций.

Особая роль в решении основной задачи отводится геохимии золота в осадочных и изверженных породах, первичных и окисленных рудах месторождений и близлежащих к ним россыпях.

В историческом плане формирования современного облика золотого оруденения выделяются два этапа: I этап — образование месторождений в эндогенной обстановке в различных геологоструктурных условиях и II этап — преобразование месторождений в экзогенной обстановке, включающей: 1) выход в результате поднятия и эрозии основной массы рудных колонн на дневную палеоповерхность выравнивания с предварительным обновлением рудовмещающих трещин и полостей рудных тел; 2) дезинтеграцию и химическую (при посредстве грунтовых вод) переработку верхних горизонтов рудных колонн в зоне гипергенеза на глубину до 300 м; 3) развитие полного профиля зоны окисления месторождений, сопровождавшейся формированием (сверху вниз от поверхности выравнивания): подзоны полного окисления глубиной до 150 м и более, подзоны выщелачивания на глубине около 150—200 м, подзоны окисления и вторичного золотого обогащения на глубине 200—250 м.

Понятие о критериях выявления месторождений полезных ископаемых впервые было рассмотрено В.М. Крейтером (1940, 1958), подчеркнувшим, что "геологические критерии и признаки нередко как бы переходят один в другой" (Крейтер и др., 1958), в дальнейшем развивалось В.И. Смирновым (1957), В.И. Красниковым (1965) и многими другими исследователями. Значительный вклад в разработку критериев выявления золоторудных месторождений сделал Н.В. Шило, Ф.Н. Шаховым, И.С. Рожковым, Ю.Г. Щербаковым, В.Г. Моисеенко, Г.П. Воляровичем, А.А. Сидоровым, В.А. Нарсеевым и др. в соответствии с рекомендациями С.С. Смирнова (1936), разделившего рудоконтролирующие факторы на региональные и локальные, большинство исследователей аналогичным образом классифицируют и поисковые критерии.

Под региональными критериями понимается совокупность рудоконтролирующих признаков развития, строения и состава осадочных толщ и магматических пород, эндогенных и экзогенных образований полезных ископаемых, которые используются при мелкомасштабном и среднемасштабном геологическом картировании и поисках.

Локальные критерии — совокупность специфических тектонических, структурных, литологических и магматических признаков оруденения, минералого-геохимических особенностей рудных образований, характерных для ограниченных площадей и используемых при крупномасштабных геологоразведочных работах.

На рассматриваемой территории известны весьма разнообразные по структурно-морфологическим особенностям и минеральному составу типы золоторудных месторождений и проявлений малосульфидной золото-кварцевой, золото-антимонитовой, золото-редкометальной, золото-скарновой и других формаций. По промышленно-генетической классификации месторождения относятся к жильному типу, совмещенным жилам с залежами, к переходному типу от жильных к прожилково-вкрапленным месторождениям в коре выветривания в карстах и "железной шляпы".

Современный облик вторичных месторождений сформировался в

два этапа: I этап — образование месторождения в эндогенной обстановке в определенных геолого-структурных условиях; II этап — преобразование месторождений в экзогенных условиях: смена гидрохимического режима поровых вод в период подъема месторождения к земной поверхности, выход в результате поднятия в зону эрозии, сопровождающийся не только химическим выветриванием, но и физической дезинтеграцией верхних горизонтов рудных тел на глубину до нескольких сотен метров, развитие профиля зоны окисления месторождения с подзонами полного окисления, выщелачивания и вторичного обогащения в период пенепленизации; эрозию зоны окисления в условиях неотектонической активизации; формирование богатых делювиальных и аллювиальных россыпных месторождений. Эродируемые части месторождений характеризуются не только гипогенными особенностями формирования, но и в разной степени выраженными чертами гипергенного преобразования.

Отмечаются районы с многократным формированием и срезом поверхностей выравнивания с синхронными зонами окисления, отсутствием вообще условий образования этих поверхностей (в приосевых частях горных сооружений, например, хребтов Верхоянского, Черского и др.) или с наложением впадин на участки поверхностей выравнивания.

В разработанной комплексной системе критериев выявления вторичных золоторудных месторождений учтены все региональные и локальные критерии эндогенного и экзогенного характера.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

Формационные. Многочисленные золоторудные проявления локализованы в весьма разнообразных геологических обстановках, что предопределяет возможность выявления как новых промышленно-генетических типов, так и уже известных в других регионах. Сложность разработки формационных критериев определяется слабой степенью изученности золоторудных проявлений, что приводит к созданию противоречивых формационных схем. Поэтому формационный анализ на данном этапе изученности имеет ограниченные возможности и должен применяться достаточно осторожно.

Нами предложена (Нестеров, 1985) формационная классификация первичных золоторудных месторождений Северо-Востока Азии по промышленно-генетическому признаку (см. табл. 1). Распределение месторождений с целью решения основного вопроса рассмотрено по диагностическому значению кварц-сульфидного отношения (критерия сульфидности) в рудах, обоснованному Н.В. Петровской (1960). Подавляющее большинство месторождений и рудопроявлений относится к арсенипиритовому и пиритовому типам малосульфидной золото-кварцевой формации. Месторождения характеризуются широким набором минеральных ассоциаций и относятся к трем структурно-морфологическим типам: минерализованным зонам

дробления, залежам и жилам. Каких-либо связей месторождений с формационными типами осадочных пород не наблюдается, но характерны парагенетические связи с многофазовыми магматическими комплексами, независимо от их состава (гранитоидными, базальтоидными, щелочноземельными).

Умеренно сульфидная золото-кварцевая формация представлена месторождениями с рудными телами жильного типа, минерализованными зонами и залежами. Формационный тип вмещающих пород оказывает влияние на образование месторождений (метасоматические залежи по известнякам). Месторождения антимонитового типа формируются не только в терригенных, но и в карбонатных осадочных породах, а также в магматических образованиях.

Существенно сульфидная формация проявлена на рассматриваемой большой территории всего в нескольких местах в виде отдельных залежей.

Малосульфидная золото-серебряная формация имеет четкую парагенетическую связь с вулканогенными образованиями независимо от их возраста и положения в региональной структуре.

Общие признаки формационной принадлежности месторождений подробно рассмотрены Н. В. Петровской, Д. А. Тимофеевским, Б. Г. Щербаковым.

Экономические районы рудно-россыпной золотоносности по продуктивности территории, концентрациям золота, масштабам и величине отдельных россыпных и рудных месторождений имеют адекватное значение с таковыми для некоторых крупных золотоносных регионов земного шара. В связи с неблагоприятными экономическими факторами территория применимости разрабатываемой системы критериев выявления месторождений умеренно сульфидной, малосульфидной и существенно сульфидной золото-кварцевых формаций ограничивается освоенными горной промышленностью районами, а также сферой влияния БАМа. Но развитие по ним вторичные золоторудные месторождения могут иметь повсеместное значение вплоть до островов акватории Ледовитого океана.

Умеренно сульфидные месторождения золото-антимонитового и убогосульфидные вулканогенного типов в связи с высокими содержаниями сурьмы и золота могут эффективно обрабатываться также в любом районе.

Литологические (литолого-стратиграфические). Золоторудные месторождения обычно в региональном плане не имеют стратиграфического контроля. Так, месторождения типа минерализованных зон дробления могут быть локализованы в терригенных отложениях не только верхоянского комплекса (карбон—мел), но и в более древних терригенных толщах докембрийского и иного возраста. Литологический контроль для данного типа предопределяет, собственно, не появление золотой минерализации, а формирование соответствующей рудораспределяющей и рудопроводящей структуры. Образование подобных структур в принципе возможно и в карбонатных отложениях, хотя в силу механических особенностей условия для этого были менее благоприятными. Для прямого

литологического контроля вторичных месторождений важным критерием является литологическая неоднородность горных пород с отдельными участками или целыми пачками более компетентных к трещинообразованию пород.

Четкий региональный литологический контроль характерен для карстовых месторождений — карбонатные толщи, благоприятные для метасоматических преобразований, под экранами слабопроницаемых пород (терригенных, магматических и т.д.). Стратиграфический контроль, однако, также не выражен. Это, в частности, открывает широкие возможности для поисков месторождений подобного типа в пределах полей карбонатных терригенных отложений различных районов.

Месторождения из сопряженных жил с залежами тяготеют в промышленной части к толще карбонатных осадочных пород над контактом с изверженными и метаморфическими слабопроницаемыми образованиями. Известны промышленные рудные тела в лакколитах позднемезозойских щелочных пород, локализованных в карбонатной толще. Сходный литологический контроль оруденения метасоматических залежей не исключен для прослоев мраморов и кальцифиров архея.

Тектонические. Золоторудные месторождения и проявления в большинстве случаев имеют достаточно отчетливый региональный структурный контроль зонами трансглубинных разломов разных эпох активизации. Области тектонической активизации сопровождаются синхронным развитием магматизма и соответствующих типов золоторудных месторождений. Так, в западной части Верхояно-Колымской складчатой области зоны трансглубинных разломов, контролирующих оруденение, наследуют более древние нарушения, существовавшие в области стыка областей геосинклинального и платформенного развития; они сопровождаются массовым проявлением гранитоидного магматизма натриевого и калиево-натриевого состава. В пределах Алданского щита трансглубинные зоны разломов позднемезозойской активизации вмещают магматические образования щелочноземельного состава калиевого типа. Таким образом, не только магматизм, но и золотое оруденение рудно-россыпных районов Восточной Якутии является внегеосинклинальным, проявившимся в период активизации во внешней зоне Тихоокеанского подвижного пояса.

Для месторождений, локализованных в верхнем структурном ярусе Сибирской платформы, проявляется в региональном плане связь со сводообразными поднятиями и участками их осложнения — грабенами и валами. Для месторождений в минерализованных зонах дробления намечается некоторая связь со сводовыми частями антиклинорий и антиклиналей I порядка.

Региональный тектонический контроль предопределил особенности размещения золотого оруденения в структурах рудных зон и районов.

Магматические. Золотое оруденение проявляет пространственную, парагенетическую и генетическую (?) связь с весьма

разнообразными магматическими образованиями. Это позволяет пересмотреть мнение Ю.А. Билибина о связи золоторудных месторождений с конкретными магматическими комплексами. Можно привести многочисленные примеры пространственной связи оруденения с отдельными массивами, дайками, равно как и примеры отсутствия магматических пород в пределах рудных полей. Вместе с тем для магматизма золоторудных районов вне зависимости от типа и состава магматических образований характерна многофазность, широкий спектр дифференциатов и большие объемы последних. Это показывает, что золотое оруденение связано с дифференцированными магматическими комплексами. Причем дифференциация носит ярко выраженные признаки глубинного характера.

Главной чертой этих магматических комплексов является закономерное повышение щелочности и кремнекислотности более поздних фаз, а также одновременное понижение натриевости пород. Установленное (Амузинский и др., 1974, Ивенсен и др., 1975) устойчивое понижение содержания золота в поздних дифференциатах позволяет судить об уровне концентрации золота в дифференцирующемся магматическом расплаве и степени фракционирования золота из расплава.

Таким образом, по уровню снижения концентрации золота в дифференциатах единого магматического комплекса любого состава (кислые, основные и др.) можно оценить степень его потенциальной золотоносности. Для отделения значительных количеств золота были необходимы следующие условия: повышенное как минимум до 5—10 мг/т содержание золота в первичном магматическом расплаве; высокая степень дифференцированности больших магматических масс, существенное уменьшение натриево-калиевого отношения и соответственно содержание золота.

Оценивая значение процесса фракционирования золота при магматической дифференциации, становится понятным, почему золоторудные месторождения, проявляющие тесную связь с интрузивами, оказываются часто "доинтрузивными".

Геофизические. Под геофизическими критериями понимается совокупность характерных особенностей в поведении физических полей. К сожалению, степень изученности геофизических полей не позволяет обосновать прямые геофизические критерии выявления золоторудных месторождений. По косвенным критериям, например, установлено, что золотое оруденение малосульфидной формации в минерализованных зонах дробления локализовано в пределах линейных зон переменной силы тяжести в областях перехода от платформенных (максимумы) к геосинклинально-складчатым (минимумы) структурам. Кроме того, характер строения физических полей отражает присутствие глубинных нарушений, контролирующих золотое оруденение, поскольку источники золотоносных гидротермальных растворов располагаются в мантийных областях.

Для месторождений в сопряженных жилах и залежах и карстового типа характерны в региональном плане сложное строение гравитационного и магнитного полей и изометричные минимумы силы тяжести над нескрытыми интрузивами.

Геохимические. Характерной особенностью всех золоторудных районов является повышенный региональный гипогенный или гипергенный фон золота, мышьяка, свинца, цинка, меди, менее выраженный для серебра, ртути, теллура и других элементов. Весьма примечательно, что в золотоносных районах повышенный уровень концентрации золота характерен не только для золоторудных, но и для всех иных типов (оловянные, полиметаллические, вольфрамовые и т.д.) месторождений. Основным региональным геохимическим критерием является "сквозной" характер распределения золота в эндогенных гидротермальных образованиях данного региона. В связи с этим следует дополнительно подчеркнуть настоятельную необходимость опробования на золото всех разнообразных типов оруденения, известных в пределах рудных районов и зон, вне зависимости от их состава и возраста.

Существует мнение, во-первых, о полиформационной природе золоторудных месторождений и, во-вторых, о приуроченности этих месторождений к единому магматическому очагу, формирующему минеральные типы и подтипы.

Более правомерна вторая точка зрения, так как различия в месторождениях и многочисленных проявлениях обусловлены концентрической горизонтальной зональностью. По данным И.И. Сирина и др., центральная часть одного из золотоносных районов характеризуется ассоциацией халькофильного типа, а в его краевых частях увеличивается роль редкометалльных и сидерофильных элементов. Зональность месторождений и мезозойских интрузий объясняется приуроченностью к единому глубинному магматическому очагу, фиксирующемуся по гравиметрическим данным (Таусон, 1976).

Экзогенные. В результате тектонической активности рудные и безрудные трещины периодически подновлялись. Они сопровождаются по контактам трещиноватостью и тектонической глиной трения, что предопределяет благоприятные условия для развития линейных кор выветривания и зон окисления.

В связи с энергичным поднятием территории и выводом эрозионными процессами рудных тел на дневную поверхность существовали благоприятные климатические и тектонические условия, способствующие образованию поверхностей выравнивания и формированию разновозрастных кор выветривания. В период теплого умеренно-влажного климата могли образовываться коры выветривания полного профиля смешанного распространения как по осадочным, так и изверженным породам. О существовании нормально развитых кор выветривания можно судить косвенно по большому количеству глинистого ожелезненного материала в нижних частях рыхлых отложений. Слабое обнажение рудных коренных источников на дневной поверхности в палеогене объясняет повсеместное развитие только знаковой золотоносности, в редких случаях образовавшей россыпи. Последние имеют, как правило, четвертичный возраст и, следовательно, связаны со следующим этапом корообразования и перемывом материала коры выветривания.

Наиболее уверенно (Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания, 1971 г.) можно судить о роли одновременно развивающихся доюрских и последюрских поверхностей выравнивания и коры выветривания в формировании вторичного обогащения золоторудных месторождений, в результате размыва которых образовались богатейшие россыпи золота Сибири и Дальнего Востока.

Останцы поверхности выравнивания с реликтами обогащенных зон окисления рудных месторождений хорошо сохранились на водораздельных пространствах с абсолютными отметками 800—1200 м в большинстве золотоносных районов Енисейского кряжа, Якутии и Северо-Востока СССР. В штате Орегон (Северная Америка) богатое силикатно-никелевое месторождение Ридл коры выветривания смешанного типа перидотитов связано с формированием неоген-плейстоценовой поверхности выравнивания, поднятой, размывтой и сохранившейся частично на высоте 1000—1100 м над уровнем моря. В неогене климат Енисейского кряжа, Якутии и Северо-Востока СССР был более умеренным по сравнению с климатом предыдущих эпох, средняя годовая температура опустилась до 0 — (+5°), что напоминает современный климат юга Дальнего Востока, Манчжурии, Центрального Китая. По-видимому, в это время сформировались латеритообразные ископаемые почвы, окрашенные окислами железа в красно-бурые тона. Подобный процесс почвообразования характерен для достаточно теплого и влажного климата с пышной растительностью (Караваев и др., 1971).

Золотоносные районы северо-восточного сектора Азии в неогене представляли собой слабо всхолмленное плато с глубиной уровня грунтовых вод около 200—300 м от палеоповерхности выравнивания. Соответственно кора выветривания неполного профиля общей мощностью до 200 м и более смешанного распространения была развита здесь по нарушенной приконтактной части в рудных телах и связана с деятельностью подземных вод трещинного типа, с их подзонами просачивания, истечения и палеоуровнем грунтовых вод.

В профиле площадных и линейных кор выветривания этого возраста выделяются три зоны: дезинтегрирования сланцев и известняков, вышелачивания (гидрослюдистая), гидролиза (гидрослюдисто-каолинитовая). Интенсификация линейного корообразования по рудным телам обусловлена усиленным промывным режимом в зонах дробления и трещиноватости.

Общеизвестно (Н.В. Петровская, С.В. Яблокова, Н.В. Нестеров и др.), что ценность карстовых вторичных золоторудных месторождений обусловлена гипергенными процессами и вторичным обогащением. На общем фоне перемежаемости по простиранию и на глубину до сотен метров рудных столбов и безрудных участков на всех месторождениях северо-восточного сектора Азии выявлены (Нестеров, 1985) горизонтальные полосы вторично обогащенных руд высотой около 50 м, в которых преимущественно и была сосредоточена отработка. Эти подзоны вторичного обогащения прежде всего трассируются "ураганными" пробами, достигающими 1—10 кг/т и более,

значительным скоплением видимого золота вплоть до самородков весом 7 кг и повышением пробы золота в отличие от других частей месторождений со сравнительно невысоким содержанием в основном тонкодисперсного золота. Подзоны гипергенного золотого обогащения при размыве служили основой формирования крупных богатых россыпей.

ЛОКАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ

Большинство золоторудных месторождений и проявлений имеет достаточно четкую приуроченность к локальным складчатым и разрывным структурам. Месторождения обычно локализованы в узлах пересечений рудоподводящих крутопадающих нарушений с рудораспределяющими зонами дробления. Характерны также значительные блоковые перемещения по разрывным нарушениям.

Оруденение иногда приурочено к зонам смятия и дробления преимущественно в сводовых частях коробчатых антиклинальных складок на участках их пересечения или сопряжены с разломами глубинного заложения. Наблюдается некоторая связь с локальными разломами, ограничивающими приподнятые участки земной коры.

Среди локальных применительно к отдельным месторождениям выделяются структурные, литологические, магматические, геохимические, геофизические, минералогические, экзогенные критерии (предпосылки) поисков и оценки.

Таким образом, с целью ревизии зарегистрированной в кадастрах массы рудопроявлений северо-восточного сектора Азии (а аналогично и далеко за его пределами) предлагаемая комплексная система выявления вторичных золоторудных месторождений должна явиться существенным инструментом для исследователей и геологов, занимающихся поисками и разведкой рудных и россыпных месторождений золота.

Глава IV

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Разработанные методы поисков и оценки золоторудных месторождений в результате исследований в ЦНИГРИ, методы поисков рудных месторождений усилиями сотрудников ВСЕГЕИ и др. (Вахрамеев, 1966; Еремеев, 1968; Красников, 1965; Крейтер, 1969; Ли, 1983; Рундквист, 1971; Смирнов, 1957 и др.) относятся к поискам и оценке вторичных золоторудных месторождений.

Но наряду с известными в практике геологоразведочных работ методами разработаны специфические методы поиска вторичных золоторудных месторождений. Мы попытались подвести под них фундаментальную научную основу в связи с выявлением регионального характера развития процесса растворения, миграции и вторичного накопления золота в масштабах, в корне меняющих практическую

ценность месторождений. И тем не менее на все случаи жизни при условии огромного разнообразия вторичных золоторудных месторождений нельзя дать универсальный метод поиска, а можно только предложить общие методические принципы и приемы, которые следует использовать в конкретных ситуациях. Рациональнее всего при комплексировании современных методов для поиска и оценки вторичных золоторудных месторождений следует исходить из выделенных морфологических типов.

СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАРСТАХ

Месторождения специфичны, выявлены пока только в одном месте в мире — в пределах рассматриваемой территории северо-восточного сектора Азии. И хотя другие подобные месторождения будут обязательно открыты, причем, разумеется, с некоторыми своими особенностями, уместно привести детальное описание способа поиска известных вторичных золоторудных месторождений в карстах (см. рис. 2). В работе использованы результаты исследований, выполненных совместно с В.И. Левиным.

Россыпная золотоносность может служить одним из признаков обнаружения золоторудных залежей карстового типа, так как в пределах известного рудного поля и на прилегающих к нему площадях выявлен ряд золотоносных россыпей. Рассматриваемая продуктивность россыпей значительно ниже, чем продуктивность россыпей соседнего жильного рудного поля, сопряженного с залежами. Тем не менее многие из них отработаны или отработаются в настоящее время. Значительные объемы россыпей с тонким зологом в долине основного водотока могут быть вовлечены в отработку после создания соответствующей технологии его извлечения. Условия шлихового опробования весьма сложны.

Мощность золотоносных пластов составляет от долей метра до 50 м. Золотоносные пласты приурочены ко всей мощности современных и древних отложений. Золото мелкое (не крупнее 0,1—2 мм), комковатое, проволочковидное, угловатое, пластинчатое, дендритовидное, часто в сростании с кварцем и лимонитом. Более крупное золото из россыпи основного водотока окатано, содержит новообразованное золото в слабо сцементированных агрегатах. Наблюдаются оболочки высокопробного золота.

Проба в современных россыпях высокая (более 900), а в древнем аллювии колеблется в пределах 900—999. Таким образом, по крупности, пробе, содержанию и типоморфным особенностям золото в россыпях соответствует золоту окисленных руд карстового типа (табл. 17).

Значительная задернованность и залесенность района месторождений даже на положительных формах рельефа, к которым они приурочены, и своеобразные условия локализации рудных тел обуславливают большую роль геофизических и геохимических методов прогнозирования, поисков и разведки месторождений карстового типа.

Т а б л и ц а 17

Элементы примеси в самородном золоте окисленных руд
карстовых месторождений

Фракция, мм	Au	Ag	As	Cu	Pb	Fe
Месторождение Пятое						
0,25	96,59	3,06	Не обн.	0,013	Не обн.	0,016
0,25—0,4	96,69	2,75	То же	н/о	То же	0,044
0,4—0,8	97,56	1,65	*	0,031	-	0,047
0,8	97,53	1,98	*	н/о	-	0,031
Месторождение Второе						
Не опр.	92,24	0,76	0,004	Сл.	0,05	0,05

П р и м е ч а н и е. TiO₂, Ni не обнаружены. Аналитик Л. Цабул, Институт геологии ЯФ СО АН СССР. Спектральный анализ выполнен И.П. Ланцевым, ЦНИГРИ.

При обосновании методики геофизических работ путем параметрических исследований А.А. Фельдман установил, что объект изучения — золоторудные тела — не создает естественных полей, которые могли бы уверенно фиксироваться геофизическими аномалиями. Исключение представляют некоторые тела с повышенной радиоактивностью. Но различия физических свойств рудовмещающих пород, даек и карстовых образований позволяют широко использовать геофизические методы при картировании рудоносных структур и даек для их выявления и прослеживания (рис. 16).

Геофизические и геохимические исследования позволяют прогнозировать перспективные участки, а применение метода аналогии — количественно оценивать их золотоносность. В карстах выделяется горизонт гипергенного золотого обогащения (табл. 11). Первые исследования такого рода, проведенные А.А. Фельдманом в 1966 г., были направлены на решение следующих задач: 1) картирование пятой верхней свиты нижнего кембрия, выявление и прослеживание пологопадающего контакта ее с четвертой свитой нижнего кембрия; 2) оконтуривание участков развития карстообразований (рис. 17, 18); 3) прослеживание тектонических нарушений и даек; 4) выделение золотоносных карстов.

Задачи эти решались комплексным применением электропрофилеирования, электроразведки, наземной магниторазведки, спектро-золотометрической съемки и шпуровой гамма-съемки. Указывалась также принципиальная возможность применения гравиметрической съемки для решения ряда геологоструктурных задач. Интерпретация геофизических данных производилась с использованием результатов дешифрирования аэрофотоснимков.

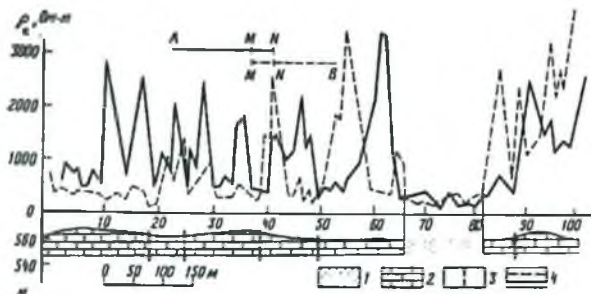
В результате исследований выделяются три главные системы тектонических разрывов — близмеридиональные, северо-западные и северо-восточные. Первые являются основными рудоконтролирующими структурами. Северо-западные нарушения, также доруд-

Te	Hg	Bi	Нерастворимый осадок	Сумма	Примеси, обнаруженные спектральным анализом
Месторождение Пятое					
Не обн.	0,55	Не обн.	Не обн.	100,23	Cu, Pb, Mn, Te
То же	0,43	То же	0,44	100,35	То же
*	0,55	*	0,88	100,71	*
*	0,43	*	0,47	100,44	Cu, Pb, Te, Mn, Fe
Месторождение Второе					
0,01	0,64		4,43	98,30	Не опр.

ные, играли меньшую роль, но к узлам их пересечения с близмеридиональными приурочены наиболее крупные рудные тела. Северо-восточные нарушения являются пострудными, и подвижки по ним приводили к дроблению и разубоживанию рудных тел.

Высокая эффективность гравиметрической съемки средних и крупных масштабов была установлена в 1974 г. в работах В.А. Абрамова, С.П. Никитина, А.В. Мельникова. Постановка работ обоснована параметрическими исследованиями, в результате которых были установлены разные плотностные свойства пород разных формаций (табл. 18). Особенно важную роль в поисках золоторудных карстов играет дефицит плотности карстовых образований относительно вмещающих пород ($-0,4-0,6$ г/см³), что обусловило гравитационный эффект карстовых полостей от $-0,1$ до -1 мгл и более в зависимости от размеров этих полостей.

Применение гравиметрии позволяет картировать разрывные нарушения (по гравитационным уступам и линейным зонам минимумов силы тяжести), интрузивные образования (по отрицательным и положительным локальным аномалиям в зависимости от состава пород) и карстовые полости (по локальным минимумам силы тяжести). Показано, что большинство месторождений располагается в зонах протяженных линейных минимумов силы тяжести, связанных с разломами, в пределах которых обособляются локальные аномалии, осложняющие линейные зоны и соответствующие местоположению карстовых воронок. Сопряженно с указанными зонами располагаются довольно крупные изометричные минимумы силы тяжести, отражающие положение не вскрытых мезозойских интрузивных тел кислого—щелочного состава, локализованных, по мнению В.А. Абрамова и др., в фундаменте или в самых низах чехла. Намечается также пространственная связь крупных золотоносных тел с узлами пересечения линейных зон минимумов силы тяжести (фиксирующих разломы) дайками. При этом в отличие от существовавших ранее

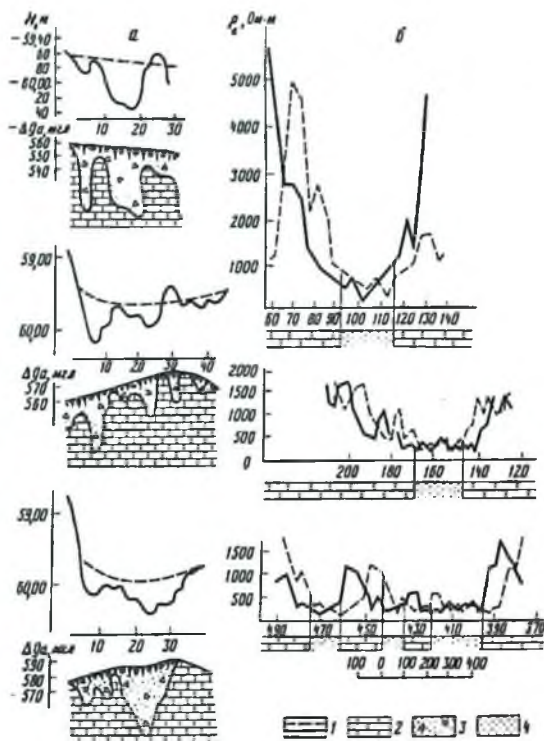


Р и с. 16. Графики комбинированного электропрофиллирования при прослеживании меридионально вытянутой карстовой структуры и параллельной ей зоны трещиноватости (по А.А.Фельдману и др.)

1 — рыхлые карстовые образования; 2 — известняки; 3 — тектонические трещины; 4 — графики КС



Р и с. 17



Р и с. 18

представлений установлено, что дайки и близмеридиональные разломы, как правило, пересекаются под острым углом. Новые данные, полученные при геофизических исследованиях, позволяют существенно уточнять и расширять поисковые критерии месторождений золота карстового типа.

Геохимическими исследованиями в известняках карстового рудного поля установлены повышенные по отношению к кларковым содержания Ag, Au, Pb, Cu, Co, Te, Be, Zr, Nb, Li, V, Cr и пониженные количества Sr, B, Y. Менее отчетливо проявлены тенденции к изменению содержания олова. Для юрских терригенных пород характерен более разнообразный набор элементов, содержания которых увеличиваются в пределах рудного поля (Au, Ag, Sb, B, Cu, Pb, Zn, Mn, Ba, Sn, Ni, Co, W, As, Mo, Te, Sc, Sr, Nb, V, Ti).

При проведении Н.П. Чибисовым геохимических поисковых работ среди масштабов рекомендуется опробование почвенного горизонта A_2 . При детализации аномалий необходимо отбирать пробы из горизонтов B_1 и B_2 , а иногда из делювиально-элювиального слоя С. Для геохимических ореолов характерно обычно согласное положение по отношению к рудоносным структурам и смещение вниз по склону на 40—100 м. Многие элементы, содержащиеся в рудах, образуют вторичные ореолы рассеяния. Особенно богат набор этих элементов при залегании рудных тел в юрских песчаниках. Однако поисковый интерес представляют лишь ореолы золота, серебра, мышьяка, молибдена, свинца, цинка, меди в силу их большей контрастности и больших размеров. Наибольшая контрастность достигается при использовании аддитивных ореолов этих металлов и при опробовании элювиально-делювиального слоя С. Полученные нами данные по распределению золота и элементов-примесей в разных горизонтах позволяют сделать вывод о необходимости анализа геохимических проб при поисках оруденения карстового типа также на галлий, хром, марганец, олово, никель.

Воды месторождения карстового рудного поля характеризуются гидрокарбонатным кальций-натриевым составом, слабой сульфатностью. Уровень общей минерализации несколько понижен (150 — 200 мг/л, редко более), рН 6—7.

Р и с. 17. Сравнение результатов разведки вторичного месторождения золота бурением и электропрофилированием (по А.А.Фельдману)

1 — контур закарстованной поверхности известняков по данным разведки; 2 — контур рудоносных карстов; 3 — контур распространения карстов по данным электропрофилирования; 4 — тектонические нарушения: а — по геологическим данным, б — по геофизическим данным

Р и с. 18 Геофизические признаки карстовых образований

а — кривые аномалий силы тяжести над карстовыми воронками (по В.А. Абрамову и др.); б — графики дипольного электропрофилирования при картировании карстовых структур северо-западного простирания (по А.А.Фельдману)

1 — кривые $\Delta\sigma$ (пунктиром показан региональный фон) (а); графики КС (б); 2 — известняки, слагающие участки высокой плотности (а) и высокого сопротивления (б); 3 — карстовые образования; 4 — участки пониженного сопротивления, фиксирующие карсты

Таблица 18

Физические свойства пород карстового рудного поля

Горные породы	Плотность, г/см ³		Магнитная восприимчивость $\mu \cdot 10^{-6}$ CGSM		КС, см	
	1*	2**	1	2	1	2
Архейские гнейсы	2,80	2,70	180—6530	0—3000(10)***	4000—8000	4000—8000
Архейские граниты	2,58	2,63	6—1400	10—1682(32)	4000—8000	4000—8000
Кембрийские породы						
Первая свита	2,75	2,47—2,74	0—2	—	8000—16000	—
Вторая свита	2,63	2,35	0		1500	
Третья свита	2,78		0—3			1000
Четвертой свиты	2,66		0—3		4850	1500—8000
Пятой свиты	2,65	2,64	—		2000	2000—4000
Юрские песчаники	2,41	2,34	1			
Метасоматиты	2,98		18	837(45)		40—50
Давки	2,37—2,53		230—4000	2350(68)	64—1500	150—400
Карстовые отложения						

*По В. А. Абрамову и др. (1966 г.)

**По А. А. Фельдману (1966 г.)

***В скобках указано количество проанализированных образцов.

Ореольными признаками рудного поля, по И.И. Силину, является присутствие в сухом остатке вод Sb, Mn, Ag, Be, Te, Sn, а рудными признаками — Cu, Cr, Mn, Zn, Ni, Be, Ga, Y, Co, Sn, Ag, Mo, As.

В результате обобщения и анализа приведенного материала по геологии карстовых месторождений, их вещественному составу, геохимическим и геофизическим полям может быть предложен комплекс поисковых критериев месторождений этого типа.

По отношению к оруденению карстового типа некоторые региональные и локальные критерии поисков впервые были предложены Г.П. Азановым в 1963 г., А.И. Казариновым в 1967 г. Нами они уточняются и дополняются.

Структурно-тектонические критерии поисков месторождений определяются их положением в области активизации древнего щита, приуроченностью рудного поля к докембрийскому сводному поднятию, осложненному в платформенный период широтной синеклизой, на которую, в свою очередь, наложились грабенообразные структуры мезозойской активизации. Образование последних достаточно тесно (унаследованно) связано с развитием близмеридиональных разломов древнего заложения, а положение рудного поля контролируется также северо-западными и северо-восточными разломами.

Стратиграфо-литологические признаки определяются приуроченностью рудных тел к области контакта литологически разнородных нижнекембрийских и нижнеюрских толщ, являющейся также поверхностью перерыва и регионального несогласия. Контакт отчетливо картируется геологическими наблюдениями и геофизическими методами.

Магматические породы пользуются незначительным развитием в районе карстовых месторождений, но являются важным поисковым признаком, так как с ними тесно структурно и пространственно связаны рудные залежи и рудное поле в целом. По данным гравиметрической съемки, под рудным полем предполагается зона развития мезозойских интрузий, с отдельными из которых пространственно сопряжены крупные рудные залежи.

Одним из важнейших благоприятных для золотого оруденения карстового типа признаков является региональное развитие древних площадных и линейных кор выветривания в современном разрезе, приуроченных к реликтам кайнозойской поверхности выравнивания. Поэтому геоморфологические критерии определяются положением наиболее крупных залежей между абсолютными отметками 550—600 м в пределах протяженного меридионального водораздела с сохранившимися реликтами древней поверхности выравнивания. Разная степень эродированности рудных залежей обусловила наличие золоторудных россыпей в долинах водотоков, дренирующих рудное поле. В геохимическом отношении карстовое рудное поле характеризуется повышенными содержаниями (повышенным региональным фоном) Au, Ag, Cu, Pb, As, Te, V, Mn. Геофизические аномалии (магнитного поля, поля силы тяжести, радиоактивности) фиксируют протяженную меридиональную зону разрывов 10—12 км шириной.

К локальным признакам относятся структурно-геологические, литологические, магматические, минералогические, геохимические и экзогенные. Важную роль при выявлении локальных признаков играют результаты геофизического и геохимического изучения рудного поля. Структура рудного поля определяется развитием близмеридиональных, северо-западных и северо-восточных разломов и их сопряжениями. При этом в качестве рудоподводящих выделяются близмеридиональные разрывы, в качестве рудораспределяющих — северо-западные, к пострудным относятся северо-восточные нарушения. С близмеридиональными нарушениями связаны протяженные дайки керсантитов и ортофитов, пересекающие эти нарушения под острым углом. По данным буровых работ, а также гравиметрической съемки и электропрофилеирования, установлена тесная связь с тектоническими нарушениями карстовых образований, в том числе золотоносных. При этом наиболее благоприятны для локализации рудоносных карстов участки пересечения контакта юрских и кембрийских отложений разломами и зонами трещиноватости. Геоморфологическими признаками карстов являются воронки проседания, с которыми часто связаны повышенная увлажненность и озелененность.

К магматическим и петрографическим признакам, кроме наличия мезозойских даек, должны быть отнесены проявления гидротермальной проработки пород и специфических гипергенных изменений последних — тела метасоматитов, проявления окварцевания, калишпатизации, лимонитизации, каолинизации и других процессов. Максимальные концентрации золота отмечены в местах интенсивного проявления вторичных процессов. Важное значение при поисках месторождений карстового типа имеют минералогические критерии, прежде всего типоморфные особенности золота и ассоциированных с ним минералов. Характерны текстуры самих рудоносных пород — кавернозные, каркасные, землистые (до "сыпучки"), корковидные, натечно-почковидные, а также состав пород и их структурные особенности — "рисовидный" кварц, брекчированный пирит (докварцевый) и поздний пентагон-додекаэдрический (послекварцевый). Карстовое золото несет признаки преобразования в гипергенных условиях (прожилки, обособления, высокопробные зоны), образует рыхлые агрегаты сложных форм ("хрупкое" золото в дендритах, скелетах, друзах), тесно связано с гидроокислами железа, глинами, вторичным кварцем и карбонатами. Отмечена зональность золота. Характерна исключительно высокая (900—999) проба золота в окисленных рудах и близрасположенных россыпях.

Характерными геохимическими особенностями карстовых руд являются присутствие в них Cu, Te, Mn, Pb, Ag, V, Sb, As, Sn, Hg, причем с Te, Pb, Ag, As устанавливается отчетливая прямая корреляция содержания золота.

Прямыми поисковыми признаками являются выходы на поверхность золотоносных карстов, развалы золотоносных метасоматитов, механические ореолы рассеяния гидротермально-

измененных и выветрелых пород, выходы ярко-красных золотоносных глин коры выветривания, наличие в мало протяженных россыпях и аллювии недалекого сноса "хрупкого" золота. К косвенным поисковым признакам относятся следующие: повышенная радиоактивность, характерная для некоторых золотоносных залежей, вторичные ореолы рассеяния золота, мышьяка и серебра, а также Pb, Mo, Cu, Zn с аномальными значениями концентраций, повышенные содержания Cu, Mn, Bi, Cr, Sn, Ga, Y, Ag, Mo, As, Te в сухом остатке трещинных вод, локальные минимумы силы тяжести в зонах линейных минимумов над разломами, фиксирующие карстовые воронки, аномалии электропроводности (кажущегося сопротивления) над карстовыми же образованиями.

Все эти поисковые признаки фиксируются при проведении маршрутных поисков при геологической съемке масштаба 1:50 000. По данным маршрутных выхаживаний создается первое представление о перспективности площади на выявление вторичных золоторудных месторождений в карстах. При последующих более детальных занятиях маршрутное выхаживание по параллельным профилям также занимает одно из важных мест в общем комплексе поиска богатых руд.

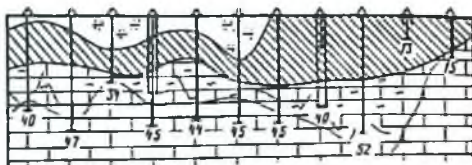
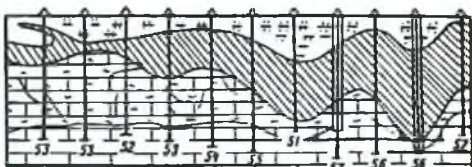
На следующей стадии поисков по данным геохимических и геофизических работ выбирается площадь в 10 км² для постановки однолетних геологопоисковых работ масштаба 1:10 000. На всей площади поисков сначала разбивается сеть 100×20 м наблюдений по линиям с рубкой просек и увязкой линий теодолитными ходами для проведения геологопоисковых маршрутов. Маршрутные исследования в залесенных и задернованных площадях развития карстов малоэффективны. Для их усиления по сети 400×40 м проводятся копушные работы в пределах развития карста буквально для расчистки почвенно-растительного слоя. В копушах умышленно отбирается на пробирный анализ рудный материал и схожий с ним: обломки кварца, ожелезненные глины, лимониты. Обычно из таких проб получают невысокие содержания золота, как правило, в десятые доли грамма на тонну, иногда выше. Но любопытно то, что подобное опробование выявляет в первом приближении контуры открываемых впоследствии рудных тел (рис. 19).

В следующую стадию в пределах повышенных содержаний золота по закопушам уточняется положение промышленных рудных тел структурным бурением по линиям скважин ударно-канатного бурения диаметром шесть дюймов по сети 400×40 м.

При бурении весь материал из метровых интервалов скважин сразу после желонения на специальном делителе делится пополам и отправляется на пробирный анализ. Так, устанавливаются границы промышленных контуров залежей по вертикали и в плане.

В стадию предварительной разведки в промышленных интервалах золоторудных залежей, определенных в поисковую стадию бурением, продолжается бурение скважин с доведением до сети 200×20 м с целью получения промышленных запасов категории С₂.

В стадию детальной разведки ударно-канатное бурение скважин в



Р и с. 19. Фрагмент схемы на всю ширину рудного поля вторичных золоторудных месторождений в карстах

1 — карбонатные породы нижнего кембрия; 2 — контур золотоносной залежи в карсте; 3 — контур рудного тела в пределах золотоносной залежи; 4 — поисково-разведочный профиль вкост простираения рудного поля месторождения (поисковые маршруты, копуши для отбора проб, скважины); 5 — тектоническое нарушение; 6 — позднюрские дайки керсантитов, сиенит-порфиоров и авгит-биотитовых порфиоров

Р и с. 20. Поисково-разведочные профили по данным бурения и заверки шахтами (см. рис. 19)

1 — элювиально-делювиальные отложения, просевшие в карстовые воронки; 2 — обломки и глыбы карбонатных пород кембрия, глинистые массы с реликтовой текстурой известняка; 3 — плотные карбонатные породы; 4 — золоторудные образования, представленные обломками и глыбами микрокварцитов, оруденелых песчанников, фельзит-порфиоров, лимонитами, глинами, илами; 5 — разведочные выработки (глубина в м); 6 — скважина канатно-ударного бурения, б — шахты

промышленном контуре доводится до сети 100x20 м (рис. 19, 20), проводится заверка данных ударно-канатного бурения проходкой шахт с опробованием метровых интервалов отдельно по противоположным стенкам шахты.

Заверочные шахты, согласно инструкции ГКЗ, составляли 10% от общего количества скважин в контуре подсчета запасов. Заверяемые скважины подбираются так, чтобы среднее содержание золота по ним отвечало среднему содержанию по месторождению. Обработка данных заверочных шахт показывает полную сходимость с опробованием по скважинам, т.е. коэффициент заверочный равен 1, что представлялось для ГКЗ убедительным.

В связи с отнесением месторождений к третьей группе сложности по инструкции ГКЗ 1962 г. запасы подсчитывались только по категории С₁, что утверждалось ГКЗ.

Многолетний опыт эксплуатации месторождений карстового типа показал высокую сходимость с данными поисково-разведочных работ и подсчета запасов, что подчеркивает надежность всей комплексной системы поиска.

СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
РАЗВИТЫХ ПО УМЕРЕННО СУЛЬФИДНЫМ ЖИЛАМ,
СОПРЯЖЕННЫМ С ЗАЛЕЖАМИ

Жильные месторождения умеренно сульфидной формации имеют сравнительно широкое развитие, а оперение их горизонтальными залежами со сложными контурами — явление более редкое. Поэтому при описании метода в конечном счете имеются в виду кварц-карбонатные жилы с умеренным содержанием сульфидов (рис. 21).

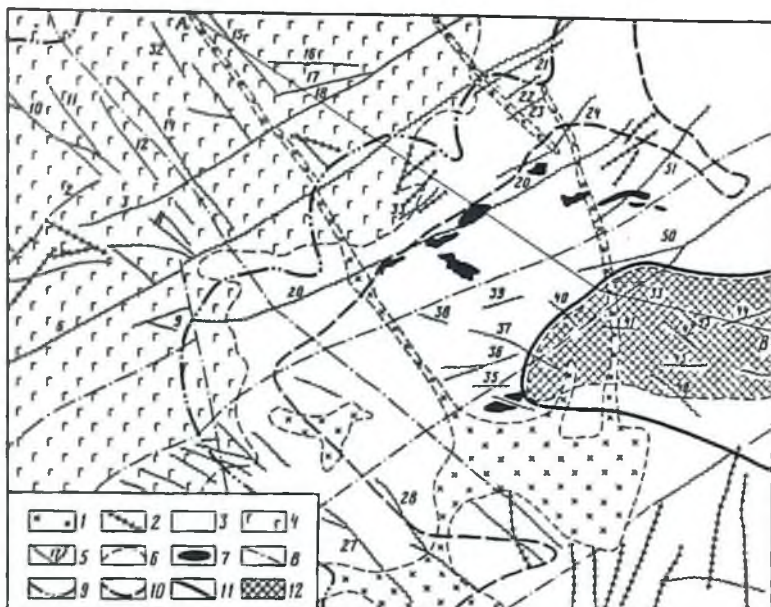
При общем анализе золота первичных и окисленных руд умеренно сульфидных жил следует охарактеризовать и золото близлежащих к ним россыпей. Месторождение расположено в междуречье верхнего течения бассейнов золотоносных рек. Они берут свое начало от слияния многочисленных золотоносных притоков, дренирующих непосредственно золоторудное месторождение. Долинные россыпи при ширине в сотни метров протягиваются на многие километры, а мелкие ложковые богатые россыпи имеют длину до 2,5 км при ширине 10—70 м (см. рис. 7).

В ложковых богатых россыпях, отработанных отдельным способом, преобладало золото размером 0,59—1,68 мм, в отдельных случаях 1,68—3,66 мм. Крупные самородки золота достигали веса 3 кг.

Все россыпи, отработанные отдельным способом, характеризуются неравномерным распределением, плохой сортировкой и слабой окатанностью золота. Установлено соответствие россыпного золота по типоморфным особенностям (проба, размерность, морфология) и золота из зоны окисления месторождения. Наиболее распространенными формами россыпного золота являются комковидные, сложнокомковидные, таблитчатые, реже проволочковидные. В углублениях выделений золота наблюдается налет гидроокислов железа. Наибольшее количество золотин с таким налетом отмечается в россыпях.

Внутреннее строение россыпных золотин аналогично строению золотин коренных источников. Наиболее распространенной структурой золота россыпей является сложная структура, при этом встречаются как отдельные монозерна, так и зернистые агрегаты из различных по времени образования выделений. В зернистых агрегатах наблюдаются межзерновые высокопробные прожилки, аналогичные описанным в золоте из зоны окисления, но более широкие. В россыпях по ручьям золотины состоят из сросшихся агрегатов. Изменение структуры золота из россыпей связано с развитием явлений деформации и рекристаллизации — от слабого искривления двойников до появления линий скольжения, затушевывающих первоначальную зернистость.

Россыпное золото содержит те же элементы-примеси, что и рудное. В золоте россыпей постоянно присутствует медь, свинец, часто содержатся теллур, висмут и марганец. Россыпное золото, по данным химического анализа, характеризуется высокой пробой (табл. 19). Как и в рудных источниках, наряду с высокопробным золотом



Разрез по линии АВ

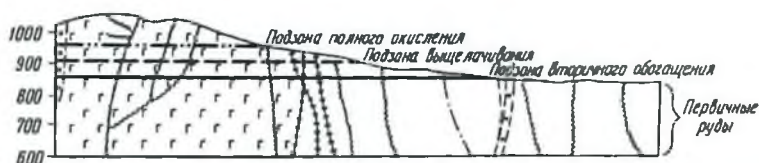


Рис 21. Схема геологического строения и разрез по линии АВ вторичного золоторудного месторождения по первичному жильному умеренно сульфидному месторождению (по Ю. А. Аферову и Н. В. Нестерову)

1 — комплекс малых интрузий и даек плагиогранит-порфиров; 2 — аплитовидные граниты, их контаминированные разности, гранит-аллиты, аплит-пегматиты; 3 — кварцевые диориты и диориты с ксенолитами амфиболитов; 4 — комплекс древних метаморфизованных габброидных пород и амфиболитов; 5 — золото-сульфидные кварц-карбонатные жилы; 6 — геологические границы; 7 — делювиальные россыпи золота; 8 — разрывные нарушения типа взбросов (надвигов) и сдвигов сбросов; 9, 11 — нижние границы подзоны окисления; 9 — полного окисления, 10 — выщелачивания, 11 — вторичного золотого обогащения, 12 — аллювиальные россыпи

отмечаются золотины низкопробного золота. Количество их невелико и редко достигает 20%.

При исследовании особенностей вытекает главный вывод о соответствии россыпного золота по крупности, содержанию элементов-примесей, пробности, ассоциации с лимонитом золоту из подзоны вторичного золотого обогащения. Поэтому коренным

источником золота россыпью мы можем признать не первичные руды месторождения, а его подзону вторичного золотого обогащения.

Судя по продуктивности не затронутой эрозией площади развития подзоны вторичного золотого обогащения, количество золота в россыпях соответствует количеству золота, вынесенному из эродированной части подзоны с учетом потерь мелкого плавучего золота и золота в сростках. Такое сопоставление имеет важное значение при прогнозировании оставшихся запасов на месторождении в недрах.

Ранее охарактеризованы первичные ореолы одного из участков месторождения. В результате статистической обработки результатов опробования на ЭВМ НАИРИ-2 установлены основные закономерности связи геохимических ореолов с рудными жилами и залежами. Следует отметить, что южная и северная части изученной площади отличаются средними содержаниями металлов в доломитах.

Наиболее четко жильные тела и разрывные нарушения фиксируются аддитивными ореолами свинца, меди, молибдена линейной конфигурации. Такие же ореолы отмечены на продолжении некоторых жил, а также иногда вне участков развития известных рудных тел, где аномалия достигает уровня 10—20 геофонов. В целом в южной части рудного поля выделяются ореолы со слабой (2—10 гф) или с высокой металлоносностью (30 гф и выше). Рудные тела сопровождаются ореолами с металлоносностью в 80—110 гф (до 200—800 гф.).

Выдержанный ореол северо-западного простирания фиксирует структуру некоторых жил. Данная структура может рассматриваться как стволовая, многочисленные ответвления которой, в том числе и неизвестные ранее, также фиксируются ореолами.

Значительные геохимические аномалии свинца в виде узких протяженных ореолов (от первых метров до 10—20 м) сопровождают кварц-пиритовые, кварц-пирит-гематитовые золотоносные жилы. Более значительные (30—80 м) ореолы фиксируют параллельные пучки жил. Медь и молибден дают более широкие и менее контрастные ореолы, чем свинец.

Все рудоносные структуры сопровождаются протяженными линейными ореолами серебра с содержанием $1-5 \cdot 10^{-5}\%$ шириной 20—50 м, включая участки, не вскрытые горными выработками. Высокопродуктивные ореолы серебра пространственно близко совпадают с ореолами свинца.

Кларк золота в породах карбонатной свиты, по данным Ф.П. Кренделева и др. (1971), составляет $5 \cdot 10^{-8}\%$. Для золота характерно возникновение весьма локальных узких интервалов со сравнительно высоким уровнем или, наоборот, широких ореолов с низким содержанием элементов ($5 \cdot 10^{-8}-1 \cdot 10^{-7}\%$). На последнем уровне доломиты почти повсюду несут золото, более высокие содержания выделяются в виде узких разграничительных зон (шириной около 25—50 м). Локальные концентрации золота в $10^{-6}-10^{-5}\%$ фиксируют непосредственно рудные тела и интрузивные образования.

Марганец фиксируется в ореолах рудных тел и достигает

Т а б л и ц а 19

Примеси в самородном золоте из россыпей

Россыпи разных ручьев	As	Ag	Cu	Hg
Обр. 1	96,95	2,59	0,075	Не обн.
Обр. 2	92,93	6,25	0,023	0,06
Обр. 3	98,52	5,50	0,03	0,009
Обр. 4	86,64	11,71	Не обн.	Не обн.
Обр. 5	91,58	7,89	0,05	То же
Обр. 6	94,52	5,47	0,02	0,03
Обр. 7	91,68	6,87	0,039	Не обн.
Обр. 8	98,09	6,90	0,02	0,01
Обр. 9	98,27	8,75	0,02	0,09
Обр. 10	92,25	7,42	Не обн.	0,01

Примечание. По данным химических анализов As, Bi, Ni не обнаружены, аналитик Л. Цабул, Институт геологии Якут. фил. СО АН СССР; спектральные анализы выполнены И.П. Ланцевым, ЦНИГРИ.

максимума содержаний (до 5,0%) на выходах пирит-анкеритовых руд.

Все рудные тела сопровождаются ореолами рассеяния золота и сопутствующих ему элементов, хотя повышенные концентрации суммы металлов пространственно не всегда совпадают с аномалиями содержания золота. Это несовпадение более характерно для ореолов по интрузивным телам. В рудных же телах почти повсеместно фиксируется повышение содержаний серебра, золота и суммы металлов.

Таким образом, первичные ореолы рассеяния в большинстве случаев являются прямыми признаками оруденения. В то же время большинство рудных тел фиксируется электроаномалиями, которые обычно совпадают с геохимическими ореолами. Полное пространственное совпадение геофизических и геохимических аномалий установлено по некоторым жилам.

Трещинные и поверхностные воды рудного поля имеют существенно гидрокарбонатный состав, иногда с заметным участием сульфат-ионов (до 14% анионной части), рН 6—8. Характерные элементы-примеси, определенные спектральным анализом сухого остатка, представлены медью (0,01—0,1%), цинком (0,001—0,01%), мышьяком, кобальтом, серебром, золотом (следы) (Н.В. Нестеров, И.И. Силин и др.). Характерными гидрогеохимическими признаками оруденения являются гидрокарбонатно-магние-кальциевый состав вод с общей минерализацией около 200 мг/л, присутствие сульфат-иона до 20—70 мг/л, меди, бериллия, олова в сухом остатке вод месторождения (рудные признаки), хрома, свинца и цинка — для вод рудного поля (ореольные признаки).

Приведенный материал позволяет сформулировать комплексную систему критериев поисков месторождений рассматриваемого типа.

TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Нерастворимый остаток	Сумма	Примеси, обнаруженные спектральным анализом
Не обн.	0,055	0,44	100,10	Bi, Cu, Pb
0,009	0,16	1,31	100,78	Не опр.
Не обн.	0,05	0,069	99,79	То же
То же	0,042	0,95	99,34	Bi, Mn
*	0,016	0,47	100,00	Bi, Cu, Mn, Pb, Fe
*	0,07	0,27	100,38	Не опр.
0,006	0,19	1,10	99,79	То же
Не обн.	0,08	0,37	100,40	*
То же	0,05	0,14	100,32	*
*	0,29	0,25	100,22	*

которые включают региональные и локальные геологические предпосылки прямые и косвенные поисковые признаки. Предлагаемая комплексная система поисковых критериев рассматриваемых месторождений представляет собой обобщение данных многочисленных исследователей района и рудного поля, в частности, Ю.А. Билибина, Л.И. Фастоловича, Н.В. Петровской, А.И. Казаринова, Ю.Г. Сафонова, Г.П. Азанова, В.З. Садова и др. и собственных наблюдений автора. Впервые выделены региональные критерии обнаружения золотоносных узлов в отличие от поисковых признаков рудных полей и месторождений, в основном установленных ранее. Те и другие дополнены нами на основе последних данных по геологии и вещественному составу рудного поля, а также его геофизических и геохимических исследований.

Региональными геологическими предпосылками выявления оруденения являются положительные складчатые платформенные структуры с относительно неглубоким залеганием фундамента (валы, купола) крупные разрывные структуры, пересекающие эти валы и купола, широкое развитие интрузивов, особенно даек мезозойского комплекса среди кембрийских доломитов. Рудные поля сосредоточены в обрамлении грабена и приурочены к самым низам платформенного чехла. Таким образом, основным литолого-стратиграфическим критерием поисков месторождений этого типа служит граница кристаллического фундамента и карбонатного чехла. Кроме того, подчеркивается также важная роль меридионального разлома и меридиональных дайковых поясов, приуроченность золоторудных полей района к узлам пересечения последних диагональными разрывами.

Локальными предпосылками развития оруденения являются различно ориентированные разломы, часто сопровождающиеся дайками, и наличие литологически разнородных горизонтов в доломитах, сопровождаемых горизонтальными ослабленными зонами и пластовыми интрузиями. Благоприятным признаком является обогащение доломитов органическим веществом.

К прямым поисковым признакам оруденения этого типа относятся признаки рудной минерализации, свалы шестоватого и рисовидного кварца с золотом и примесями элементов-спутников (Ag, Cu, Sn, Pb, Mo), особенности золота в россыпях, его слабая окатанность, сростания с кварцем и сульфидами, рудные свалы с сульфидами, лимонитом и золотом, окисленные выходы рудных тел, появления их гипергенных изменений. Сложный минеральный состав руд, наличие висмутовых и ванадиевых минералов, примеси Mn, Cu, Zn, Ag, Pb, W, Bi характеризуют тип руд. Золото преимущественно высокопробное, также с примесями Cu, Pb, Mn, Bi, Te, т.е. в основном тех же элементов, которые характеризуют руды. Развита довольно обычная ассоциация золота с пиритом и менее распространенная на других типах месторождений ассоциация с гематитом. Наиболее частые его формы — комковидные и сложнокомковидные. Обычны сложные сростания золота с гидроокислами железа. Типоморфные особенности рудного золота сохраняются и в россыпях, при этом последнее по этим признакам обычно соответствует золоту из окисленных руд.

К косвенным поисковым признакам относятся ореолы рассеяния и гидрохимические аномалии золота и главных элементов, участвующих в продуктивных ассоциациях минералов (Ag, Cu, Zn, Pb, Mo, Ni, Mn), аномальные значения магнитного поля, фиксирующие дайки и контактовые зоны интрузивов, и аномалии проводимости, фиксирующие разрывные нарушения, иногда вмещающие рудные тела. К этой группе критериев относятся признаки рассеянного скарнирования и околорудные изменения пород — окварцевые, анкеритизация, пиритизация и ожелезнение вдоль разрывов и зон повышенной проницаемости.

Важным поисковым и оценочным критерием месторождений этого типа является зона гипергенного изменения рудных тел, фиксируемая на их выходах, а также по развалам и механическим ореолам глыб и обломков золотоносных лимонитов с налетами и скоплениями вторичных минералов меди, свинца и марганца. Без анализа вторичной зональности невозможна объективная оценка этих месторождений. Тем более что общность черт с другими подобными месторождениями, хотя и имеющими свои особенности, выражается в условиях формирования и наличии гипергенного золотого обогащения в жилах.

Месторождение явилось одним из полигонов создания и апробации способа поиска вторичных золоторудных месторождений, которые впервые были выделены нами на жилах с умеренно сульфидными рудами.

Любопытна предыстория внедрения способа поиска вторичных

месторождений на этом месторождении. Геологоразведочные работы проводились не в полную силу, по каждой жиле проходились выработки с индивидуальной врезкой, часто кустарным методом с мускульным бурением шпуров. Из нескольких сотен жил тем не менее несколько десятков были разведаны таким образом и частично отработаны в наиболее обогащенной части. Отработаны были многие залежи открытым и подземным способами в зависимости от их положения в пространстве.

В 1949 г. по месторождению был сделан генеральный пересчет запасов по всем жилам и залежам при научном руководстве по геологической части Н.В. Петровской, методической части П.Л. Каллистовым, в то время признанными авторитетами по золоту.

Жилы северо-западного и северо-восточного направления месторождения площадью 4 км² имели крутое падение и пересекали карбонатные породы в реликтах мощностью 0—90 м нижнего кембрия и кристаллического фундамента архея. Почти горизонтальный контакт архейских и нижнекембрийских пород находится на абсолютной отметке 845 м и на значительной площади вокруг месторождения вскрывается дренирующими водотоками. Богатые руды в жилах в пределах нижнекембрийских отложений приурочены к абсолютным отметкам 870—920 м. При подсчете запасов 1949 г. была принята идея о высокой продуктивности жил в нижнекембрийских отложениях, и на основании этого были сделаны подвески запасов до архейского фундамента. Отчет ГКЗ (тогда ВКЗ) был утвержден с оценкой "хорошо", но пройденная штольня по контакту архейских и нижнекембрийских пород пересекла массу умеренно сульфидных жил с непромысленным содержанием золота и месторождение было законсервировано.

Только через четверть века в 1973 г. после тщательного анализа данных по месторождению, геометризации данных опробования разведанных и отработанных жил с картированием, изучением минерального состава руды, золота, состава рудничных вод, геоморфологии нами на месторождении были выявлены обширные проявления древних процессов окисления.

Маркирующая верхняя граница древней зоны окисления оказалась приуроченной к абсолютным отметкам 1100 м, выраженной фрагментами древней поверхности выравнивания. Нижняя граница зоны окисления в подземных выработках зафиксирована на абсолютной отметке 870 м.

Таким образом, при положительных результатах геохимических и геофизических исследований, по стадийности работ далее проводится оптимальное комплексирование поверхностных, подземных горных работ, колонкового и ударно-канатного бурения скважин. Предварительно по известным выработкам в рудных телах производится геометризация данных пробирного анализа разведочных и эксплуатационных проб, строятся графики изменения содержания золота с глубиной.

На рассматриваемом месторождении таким приемом определено положение подзоны вторичного золотого обогащения в известных

жилах (см. рис 10) между абсолютными отметками 870—920 м. Прямо по изолиниям топопланов этот горизонт выделяется на дневной поверхности и выносятся на местности. Все выходы жил в этом горизонте подвергаются тщательному опоскованию с проведением канавных работ. Вскрываются же они по простиранию с учетом пологого склона гораздо более чем на 50 м в интервале. Этот интервал опробуется через 2 м бороздовым (при мощности жилы более 0,20 м) и задириковым (при мощности жилы менее 0,20 м) методами с тем, чтобы начальный вес пробы был не менее 2,0 кг, а при мощности жилы 1,0 м вес пробы должен быть 10 кг, т.е. на каждые 0,1 м мощности прибавляется 2 кг пробы. Длина борозды максимальная составляет 1,0 м и при мощных жилах отбирается несколько борозд

Весьма ответственной является стадия проходки горных выработок по жилам. Наиболее уверенно (см рис. 10) можно развивать сеть подземных выработок в средней (пиковой) части по высоте подзоны гипергенного обогащения. Более ответственно их следует проходить у нижней границы гипергенного золотого обогащения, как было сделано на описываемом месторождении. Несмотря на то что многие (конечно, не все) жилы показали промышленное содержание золота в руде на этом горизонте с абсолютной отметкой 870 м, когда были пройдены восстающие с этого горизонта и начата эксплуатация, средние содержания золота повысились на 40% по сравнению со средними содержаниями в выработках на горизонте 870 м. При этом вдвое уменьшается количество подземных выработок, так как исключается практически промежуточный горизонт выработок на абсолютной отметке 895 м, т.е. в пиковой части вторичного обогащения. Подобные варианты решаются в каждом конкретном случае отдельно. По-видимому, для большей достоверности на первых стадиях поисков следует развивать первоначальную сеть подземных выработок в горизонте максимального вторичного обогащения, а в дальнейшем — только по нижней границе.

Большую сложность представили поиски горизонтальных залежей прихотливой конфигурации в плане и сопряженных с жилами. При новом способе поиски залежей не производятся, т.е. залежи отрабатываются по мере отработки жил в месте сопряжения.

Самое главное в способе поиска вторичных месторождений золота данного типа — масштабность проведения подземных выработок на всем месторождении или сразу, или последовательно по этапам. Но все проходческие работы должны быть взаимосвязаны общей системой вентиляции, водоснабжения, откатки руды и породы и т.д. и использованы при эксплуатации.

На конкретном месторождении все выработки вошли в рудные тела на горизонте 870 м и многие из них оказались с промышленным содержанием, "ураганными" пробами до 6 кг/т, видимым золотом и самородками весом до 4 г вытянутой пластинчатой формы.

Таким образом, был основан способ поиска вторичных золоторудных месторождений данного типа и рекомендован к широкому внедрению.

СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, РАЗВИТЫХ ПО МАЛОСУЛЬФИДНЫМ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫМ ЖИЛАМ

До сих пор оценка жильных золоторудных месторождений плутоногенной малосульфидной золото-кварцевой формации является исключительно трудоемкой. В большей части произведена бессистемно — "на скорую руку", поэтому огромное количество жильных тел коренных источников россыпей, эксплуатируемых и законсервированных месторождений и рудопроявлений только северо-восточного сектора Азии, следует проревизовать на выявление вторичных богатых золоторудных месторождений.

В целом на этой золотоносной четверти территории Азии необходимо внедрение новых способов поиска месторождений золота на основании детального изучения не только эндогенных, но и экзогенных условий их формирования. С целью более эффективного ведения поиска предлагается принципиально новая геолого-геохимическая модель ожидаемого вторичного золоторудного месторождения

Известным способам определения мест нахождения месторождений золота посвящены специальные инструкции и руководства, большой систематизированный опыт ведения геологоразведочных и эксплуатационных работ, базирующийся на закономерностях только первичного оруденения (Воларович, Рожков, 1967, Смирнов, 1957; Петровская, 1973; Шило, 1972 и др.) Влияние гипергенных процессов на концентрацию золота в золоторудных жилах рассматривалось в теоретическом аспекте (Альбов, 1960; Крайтер и др., 1958, Смирнов, 1936; Нестеров, 1985 и др.) или отмечалось на отдельных месторождениях, в основном золотосульфидных формаций.

До настоящего времени всестороннее исследование явления вторичной зональности в золоторудных месторождениях выпадало из поля зрения большинства геологов, а поэтому не использовалось при выборе основных направлений геологоразведочных работ по следующим причинам.

1. Считалось, что такое явление в связи с господством субполярного климата и наличием долголетней мерзлоты в золотоносных районах не могло иметь места. Подтверждением твердо установившейся подобной точки зрения было существование в северо-восточном секторе Азии многочисленных выходов неокисленных кварцево-сульфидных рудных жил в ложе отработываемых россыпей. Но такая картина образовалась в результате среза древних зон окисления после наступления мерзлоты.

2. Существует мнение (Крайтер и др., 1958; Петровская, 1973), что кварцево-сульфидные жилы и зоны господствующей малосульфидной золото-кварцевой формации неблагоприятны для развития мощной зоны окисления в связи с малым количеством сульфидов. При этом подобная точка зрения распространялась механически и на умеренно сульфидные и даже существенно сульфидные тела месторождений.

В целом все известные способы поисков и разведка месторождений золота согласно действующим инструкциям ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ

закключаются в следующем. Получают проведением геологической съемки мелкого, среднего и крупного масштабов геохимические, геоморфологические, геолого-геофизические данные для составления специализированных карт золотоносности на геоморфологической основе. На карты по отдельным районам и рудным полям наносятся сведения о форме, структуре, первичной зональности, вещественном составе известных рудопоявлений, месторождений и их частей, по которым устанавливают генетические и пространственные связи месторождений друг с другом в зависимости от их типов, комплексов и формаций. Основываясь на полученных данных, выявленных закономерностях распределения концентраций золота, геологическом строении района и рудных полей, выделяют перспективные площади на открытие новых месторождений. На выделенных перспективных площадях проводят геологоразведочные работы по стадиям поисковой, предварительной и детальной разведки в комплексе: геологические маршруты, геохимические и геофизические исследования, поверхностные и подземные горные выработки, бурение скважин. Переход от одной стадии геологоразведочных работ к другой для обнаружения, прослеживания рудных тел с поверхности, на глубину, подсчета запасов золота определяют в зависимости от связи месторождений и отдельных рудных тел с определенными геологическими образованиями. Таким образом, существующие способы выявления промышленных запасов в рудных телах сводятся к определению перспективной площади (например, по приуроченности к ней верховьев россыпей золота), на которой устанавливаются по простиранию и на глубину делювиальные развалы рудных тел и даже сами рудные тела, как правило, в виде золотосодержащих кварцево-сульфидных жил и минерализованных зон дробления. В результате для достижения конечной цели — выявления запасов — геологам приходится намечать огромное количество лишних поисковых маршрутов, буровых скважин, поверхностных и дорогостоящих подземных выработок, что снижает эффективность геологоразведочных работ. Но в случае выхода на дневную поверхность рудных тел в зоне полного окисления и выщелачивания (обеднения) работы искажают действительную ценность первичных и вторичных месторождений. Более того, золотоносные районы характеризуются массой отработанных россыпей и выявленных в их вершинах коренных источников, не всегда правильно оцененных на перспективность.

Целью рассматриваемого способа является повышение качества, достоверности и эффективности поисково-разведочных работ на золото.

Это достигается тем, что в основу наших исследований положено учение, развивавшееся еще С.С. Смирновым (1936), о шести благоприятных условиях формирования гипергенного золотого обогащения: инертность боковых пород, обилие сульфидов, дисперсность золота в первичных рудах, проницаемость рудных тел, наличие минералов марганца и стабильность уровня грунтовых вод.

Первое, что нужно делать в любом золотоносном районе или на

месторождении по предлагаемому способу, это рассмотреть применительно к своим районам этих условий. Нами они рассмотрены на примере золотоносных районов северо-восточного сектора Азии и, частично, всего мира, и, оказывается, сочетание благоприятных условий имело место неоднократно. При этом следует иметь в виду, что если присутствие минерала марганца не обязательно, по данным В.М. Крейтера с соавторами (1958), хотя эти минералы постоянно присутствуют в месторождениях, проницаемость рудных тел естественна в результате подновления рудовмещающих трещин и полостей в пострудную стадию, инертность боковых пород не имеет определяющего значения, то три других условия из указанных С.С. Смирновым являются остродискусионными и требуют особого рассмотрения, как определяющие растворение и миграцию золота в зоне окисления конкретных районов и месторождений.

Развивая понятие С.С. Смирнова "обилие сульфидов", следует иметь в виду не сульфидные руды, к чему многие сводят это понятие, а необходимое количество сульфидов для образования водного раствора сульфат-иона с концентрацией, достаточной для растворения тонкодисперсного золота согласно сульфатной теории переноса золота. Так, на малосульфидном рудопроявлении Хангаласс Якутии с ярко выраженной зоной гипергенного золотого обогащения содержание сульфат-иона составило 190—424 мг/л (Нестеров, 1985). Сульфиды в малосульфидных телах образуют обычно прожилки разных размеров, и присутствие таких прожилков предопределяет обилие сульфидов в зоне окисления. К сульфидам приурочена в месторождениях основная масса золота. При желании на любом месторождении это положение можно проверить.

Дисперсность основной массы золота в первичных рудах месторождений мира всех формаций, в том числе в СССР, доказана И.Н. Плаксиным по данным Канадского горного департамента. По этим данным, 85% золота имеет размерность менее 10 мкм, а более половины — 1—5 мкм (Крейтер и др., 1958). Нами на конкретных месторождениях это проверялось в описываемом регионе, что мы рекомендуем проводить на исследуемых месторождениях технологическим опробованием первичных руд по методике данного способа поиска.

По предложенному методу, построенному на основании геологического изучения целого ряда эксплуатировавшихся золотоносных месторождений, нами впервые устанавливается наличие подзоны высотой около 50 м вторичного золотого обогащения во всех рудных телах за исключением тех, где эта подзона сродирована после наступления мерзлоты и послужила основой образования россыпей золота. Нашими исследованиями установлен региональный характер развития зоны окисления с подзоной вторичного золотого обогащения. В кайнозое и самом начале четвертичного времени в восточных золотоносных районах СССР на протяжении нескольких миллионов лет существовало (Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания, 1971 г.) несколько разновозрастных слабо всхолмленных поверхностей выравнивания с синхронными зонами

окисления в жилах и минерализованных зонах дробления глубиной 250—300 м с подзонами (сверху вниз): полного окисления и выветривания глубиной около 150—200 м, выщелачивания — около 50 м и вторичного золотого обогащения — около 50 м (Нестеров, 1985). В начале четвертичного периода наступившее похолодание, закончившееся образованием долголетней мерзлоты, привело практически к полной консервации процессов окисления. Общее поднятие местности за четвертичный период сопровождалось активным врезанием гидросети, формированием ее современного рисунка и образованием за счет размыва подзоны вторичного золотого обогащения многочисленных россыпных месторождений золота. В результате поверхности выравнивания оказались поднятыми до абсолютных отметок 800—1200 м, где сохранились на водоразделах в виде фрагментов с реликтами подзон обогащения.

Рекомендации по нахождению в исследуемых районах богатого горизонта руд в сохранившейся от размыва подзоне вторичного обогащения включают следующий комплекс геолого-геофизических операций. Прежде всего, находят положение фрагмента поверхности выравнивания геолого-геоморфологическим картированием, которая служит верхней границей зоны окисления, или с точностью до 10—50 м ее интерполируют, как маркирующую, с соседних месторождений. Например, на известных месторождениях северо-восточного сектора Азии поверхность выравнивания колеблется около абсолютных отметок 800—1200 м, реже ниже или выше. Затем, по данным поверхностных и подземных выработок, эксплуатировавшихся и разведанных месторождений или геолого-геоморфологических маршрутов, определяется нижняя граница зоны окисления и первичных руд, которая одновременно является и нижней границей подзоны вторичного золотого обогащения. Она находится в известных месторождениях бассейнов Колымы на абсолютной отметке 800 м, Алдана — 870 м, Амура — 730 м и т.д. Для подтверждения наличия зоны вторичного золотого обогащения в заданном районе по ранее эксплуатировавшимся рудным телам месторождений исследуется ассоциация золота с другими минералами с применением термического, рентгеноструктурного, химического анализов на закись, окись железа, связанной и свободной воды для диагностики лимонитов и других минералов зоны окисления. Одним из главных приемов является изучение распределения золота в жилах с использованием при геометризации сотен и тысяч химических анализов на золото из разведочных и эксплуатационных выработок. Исследуются внутреннее строение и физические свойства золота; электронно-микроскопическое изучение выявляет внутренние структуры роста золотин; определяются физические свойства вмещающих пород и рудных тел с точки зрения раздробленности, корообразования, окисления, путей движения и циркуляции золото-содержащих растворов, строится профиль их химического выветривания. Исследуется характер распределения золота по крупности, пробыности, наличию самородков, связи рудного и россыпного золота.

Например, на основании подобного изучения многочисленных опорных разрезов в плоскости главных жил наиболее типичных месторождений Востока СССР нами установлено следующее

К подзоне вторичного золотого обогащения приурочены наибольшие скопления переотложенных лимонитов (гидрогетитов, геливодной окиси железа и т.д.) в ассоциации с самородными выделениями серы, меди, соединениями естественных радиоактивных элементов по трещинам и отдельным пострудным ловушкам-карманам. Для рассматриваемой подзоны характерны повышенные средние содержания золота, почти все без исключения "ураганные" содержания золота в руде (более 1 кг/т), все наиболее крупные выделения золота вплоть до самородков весом до 7 кг с резко повышенной пробой золота. В золоте отмечаются наиболее сложные внутренние структуры. Довольно отчетливо по геологическим маршрутам из пойм золотоносных водотоков вверх по их склонам по рудным телам отбивается граница первичных и окисленных руд, примерно на относительном превышении 100 м над днищами долин по степени окисления сульфидов.

После выделения нижней границы зоны окисления, а она же является и границей подзоны вторичного золотого обогащения, по сути предлагаемых рекомендаций закладываются и проходятся протяженные подземные выработки эксплуатационного сечения по жилам для целей как разведки, так и последующей эксплуатации.

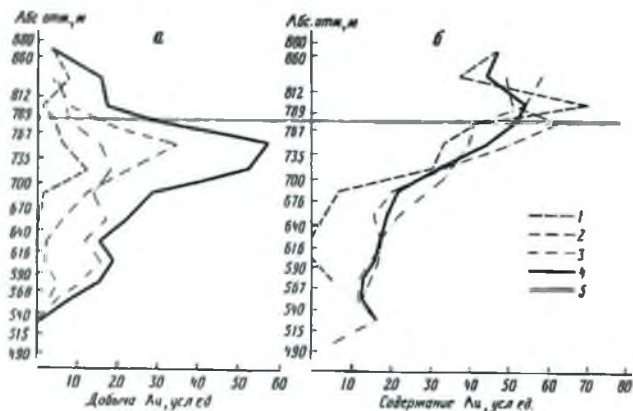
Способ поиска вторичных жильных золоторудных месторождений апробирован путем проходки большого объема подземных выработок и отработки богатых руд на золоторудных месторождениях Восточной Сибири малосульфидной золото-кварцевой формации.

Например, способ успешно внедрен на золоторудном месторождении, представленном серией субпараллельных малосульфидных кварцевых жил протяженностью до 1 км и расположенном во флишовой толще палеозойских песчано-глинистых сланцев, залегающей моноκлиально по углу 35° (см. рис. 12).

С 1939 (открытие) по 1980 г. оно разведывалось и отработывалось только в центральной части длиной около 1,0 км с постепенным углублением от абсолютной отметки 900 м до абсолютной отметки 490 м. Геологоразведочные и эксплуатационные работы базировались на первичном столбовом распределении золота в жилах без учета вторичного золотого обогащения.

Максимальная золотодобыча была достигнута в 1951 г. при отработке горизонтов между абсолютными отметками 700—810 м (особенно 730—780 м), а по мере постепенного углубления горных работ золотодобыча к 1980 г. снизилась, и рудник оказался на грани закрытия.

В 1974 г. было принято решение об апробации способа поиска на этом месторождении. Геометризацией данных опробования за все годы и картированием с применением современных физико-химических методов на месторождении впервые было выявлено гипергенное обогащение во всех жилах по всей длине рудного поля



Р и с 22. Изменение с глубиной количества добытого золота (а) и его содержания в руде (б) по жилам вторичного малосульфидного месторождения (см рис 12)

1, 2 — по флангам, 3 — центральной части, 4 — по месторождению; 5 — нижняя граница древней зоны окисления с абс. отм. 780 м

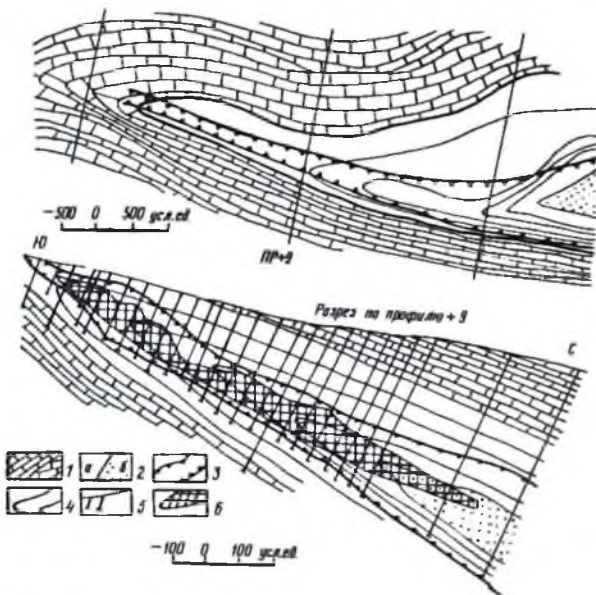
между абсолютными отметками 730—780 м с затуханием к абсолютным отметкам 810 и 700 (граница первичных руд). В течение 1975—1980 гг с целью апробации было пройдено в этом горизонте 25% пятилетних плановых объемов подземных разведочных выработок и получено 80% пятилетнего прироста запасов золота (рис 22).

Подобная модель вторичного обогащения золотом отмечена на самом крупном Витватерсранд и самом обогатом Гора Моргана месторождениях (Fridensburg, 1953).

Таким образом, существенным отличием рассматриваемой модели от ранее предложенных при поисках малосульфидных жильных месторождениях является использование данных о преимущественном развитии в первичных рудах дисперсного золота и отрицание тождества размерности золота в россыпях и первичных коренных источниках. Другими словами, в россыпях накапливается главным образом укрупненное золото из эродированных подзон гипергенного золотого обогащения, а богатые реликты зон окисления выявляются с помощью описанного метода и отрабатываются в первую очередь.

**СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
РАЗВИТЫХ ПО КРУПНЫМ МАЛОСУЛЬФИДНЫМ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫМ ЗОНАМ ДРОБЛЕНИЯ**

В последние десятилетия в связи с вовлечением в эксплуатацию первичных руд все с более низкими содержаниями золота отмечается увеличение мощности отдельных месторождений в минерализованных зонах дробления до десятков, а в отдельных месторождениях до сотен метров (рис. 23) (зона гипергенеза сэродирована).



Р и с. 23 Схема геологического строения первичного месторождения в крупной минерализованной зоне дробления (по С. Д. Федченко)

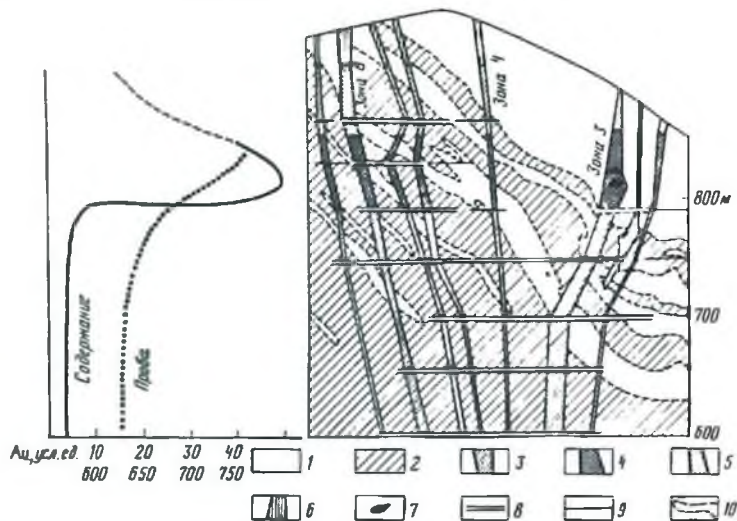
1 — известковистые породы, 2 — терригенные породы подцвет. а — верхней, б — нижней, 3 — контур малосульфидной минерализованной зоны, 4 — границы стратиграфических подразделений, 5 — буровые скважины (колонковые), 6 — рудное тело в пределах минерализованной зоны

Особенно эффективны подобные месторождения, которые открываются с зоной гипергенного золотого обогащения (рис. 14, 24).

Принципиально минерализованные зоны дробления этих месторождений состоят из скопления субпараллельных жильных тел. Поэтому им присущи все особенности формирования вторичных золоторудных месторождений предыдущего типа в малосульфидных жильных телах. Более того, и первый тип вторичных золоторудных месторождений в карстах до некоторой степени также можно отнести к типу крупнообъемных вторичных золоторудных месторождений в минерализованных зонах дробления.

Но способ поиска и разведки подобных месторождений имеет свои принципиальные отличия и особенности. Прежде всего необходимо иметь в виду несколько случаев положения подзон вторичного золотого обогащения в зависимости от среза. Богатые руды вскрыты на современной дневной поверхности, частично или полностью перекрыты подзоной полного окисления и выщелачивания высотой около 200 м.

С целью выявления богатых окисленных руд вторичных крупнообъемных месторождений используются комплексы методических приемов, основанных на взаимодополняющих научно-технических



Р и с. 24. Разрез через вторичное золоторудное месторождение, развитое по малосульфидным минерализованным зонам дробления, и график изменения содержания и пробы золота с глубиной

1, 2 — сланцы: 1 — глинистые, 2 — туфогенные, 3 — первичные малосульфидные руды, 4—6 — подзоны зоны окисления: 4 — гипергенного золотого обогащения, 5 — выщелачивания, 6 — полного окисления и выщелачивания; 7 — местонахождение повышенных проб и видимого золота; 8 — подземные выработки, 9 — подземные колонковые скважины; 10 — границы пород

принципах: геохимических, геофизических, минералогических, геологических, геоморфологических и технических. Основными методами остаются геологические, геофизические, горнопроходческие и буровые. Другие варианты минералогических и геохимических поисков применяются как дополнительные при выявлении особенностей конкретных месторождений.

При поисках "слепых" вторичных золоторудных месторождений, выходящих на дневную поверхность подзоной полного окисления и выщелачивания, дополнительные методы позволяют ускорить и поднять эффективность геологических работ.

При поисках крупнообъемных месторождений особое значение приобретает геологическое картирование средних и даже мелких масштабов. Состав исходных пород и возможная их рудоносность определяются литолого-стратиграфическими признаками. Положительным прогнозным фактором являются свиты пород черносланцевых отложений, претерпевших влияние процессов рудообразования в термоградиентных полях. Особенно при картировании важно выявлять участки литологической неоднородности толщ, места тектонических срывов, надвигов, приразломной складчатости. Интенсивная лимонитизация терригенных образований является положительным фактором поиска. Перспективы поиска подзон

обогащения становятся большими, если с их перемывом связано формирование золотоносных россыпей в близлежащих водотоках

Наиболее важными в стадии геологического картирования являются структурно-тектонические предпосылки как определяющие не только исходную золотоносность пород субстрата, но и степень пригодности пород для корообразования, а также последующую сохранность продуктов кор выветривания. Благоприятны границы разноприподнятых блоков, узлы пересечения разноориентированных рудо локализирующих разломов и сочленение их с купольно-складчатými структурами, приходящиеся на сохранившиеся фрагменты поверхностей выравнивания с депрессионными формами рельефа.

При картировании золотоносных регионов весьма важно выявление геоморфологических данных путем морфометрического анализа территории узлов для выявления реликтов палеорельефа, депрессионных структур и локальных впадин с сохранившимися корами. Благоприятны золотоносные районы Северо-Востока СССР, где с целью поиска россыпных месторождений золота уже проведена высококвалифицированная геоморфологическая съемка в масштабе 1:100 000 с врезками карт для рудно-россыпных узлов в масштабе 1:25 000. Тем не менее обязательное сопровождение геологических съемок в других регионах составлением геоморфологических карт того же масштаба бывает выполнено, как правило, неполноценно и в основной своей массе нуждается в новом геоморфологическом картировании. При проведении съемок важно обращать внимание на косвенные признаки, показывающие наличие кор выветривания, которые на золото не опробовались. В этом случае необходимо фиксировать полевыми исследованиями либо при камеральной подготовке материалов присутствие вблизи кор выветривания высокоглинистых россыпей с тонким золотом в красноцветных суглинках, данные электро- и гравиразведочных геофизических исследований и результаты литохимического опробования на золото, мышьяк, сурьму, серебро. О возможном уровне золотоносности при картировании можно судить по прямым поисковым признакам. Это — данные ранее проведенных исследований маршрутным исхаживанием, данные золотометрической съемки в виде ореолов с содержанием 0,5—3 г/т (по Г.А. Середенко, 1985), практически не смещающихся от выходов продуктивных кор. Хорошим индикатором являются гидрогеохимические аномалии с интенсивностью до 4—10 мкг/л, встречающиеся не далее 200 м от рудоносных кор. В более локальном плане показателем золотоносности кор выветривания являются ореолы механического рассеяния золота, которое при размыве продуктов образовывало эволюционный ряд от убогих шлиховых концентраций к элювиальным накоплениям и далее к склоновым, пролювиальным, ложковым и аллювиальным россыпям. Часто золотоносные коры вскрываются бурением под золотоносными россыпями при их разведке. В этом случае пробы необходимо направлять только для пробирного химического анализа на золото. Необходимо массовое опробование при геологической съемке лимонитов, кремней, яшм из свалов недалекого сноса.

Следует обратить внимание на слабоизученные золоторудные проявления во многих линейных корях, на выходах которых отрабатывались "древние" красноцветные россыпи.

П.Ф. Ли (1983) при поисках месторождений коры выветривания рекомендует использовать минералогический, литогеохимический (металлометрический, активационный, рентгенорадиометрический, радиометрический анализы), геофизический, горнопроходческий и буровой методы и их рациональное комплексирование. Эти рекомендации применимы при поисках мощных вторичных золоторудных месторождений. Но при комплексировании методов, указанных П.Ф. Ли, для поисков вторичных золоторудных месторождений большим подспорьем являются эндогенный и экзогенный (в основном, шлиховой и россыпной) факторы развития золотоносности.

В общем виде комплексная система поисковых работ в районах развития мощных вторичных золоторудных месторождений представляется в следующем виде. Геологическим картированием мелкого и среднего масштаба выявляют первичные горные породы по петрографическим комплексам. Одновременно картируют эндогенный и экзогенный фоны золотоносности, свойственные первичным породам коры выветривания.

Путем сопутствующего съемке геоморфологического анализа выявляются фрагменты разновозрастных поверхностей выравнивания и синхронных им во времени кор выветривания и зон окисления. Их датировка производится по предложенному нами (авторское свидетельство, 1982) способу.

Специализированная карта золотоносности на геоморфологической основе масштаба 1:100000 является венцом геологосъемочных и ранее проведенных геологопоисковых работ на рудное и россыпное золото и является основой их дальнейшего развития с целью выбора наиболее перспективных площадей на выявление вторичных золоторудных месторождений.

Ориентиром таких площадей могут быть фрагменты поверхностей выравнивания, под которыми на глубине до 200 м и более по естественным обнажениям во врезх современного рисунка гидро-сети следует искать благоприятные структуры развития линейных кор выветривания и зон окисления с вторичными месторождениями. Для более быстрого выявления продуктивных образований и ориентировочного изучения их рудоносности могут быть применены различные нетрудоемкие поисковые методы: биогеохимические, литогеохимические, минералогические, шлиховые и другие. Наиболее часто применяют радиометрический метод анализа с целью изучения распределения на площади поисков естественных радиоактивных элементов. Как показали опытные исследования, U и Th в результате миграции на гидрогеохимическом барьере в подзоне вторичного золотого обогащения накапливаются, а поэтому являются важным критерием поиска. При необходимости эти же пробы используются для минералогических и литогеохимических поисков.

С целью изучения и опробования выявленных зон окисления для определения местоположения подзоны вторичного золотого обога-

щения проходят редкие горные выработки или механические скважины.

На перспективной площади развития вторичных золоторудных месторождений стадийно выполняют специализированные поиски. По мере получения новых положительных данных сеть поисковых работ постепенно сгущается, а главным материалом изучения объектов становятся результаты колонкового бурения и горных работ. Для вторичного золотого оруденения в мощных минерализованных зонах дробления характерно отсутствие визуальных геологических факторов прямого или косвенного контроля локального распределения золота на участках, поэтому невозможно изучение его в продуктах выветривания без сплошного опробования разреза. Для этого следует применять бурение колонковых скважин станками средней мощности, поскольку из-за постоянного выщелачивания золота с выходов на дневную поверхность линейных кор выветривания и зон окисления оконтуривания продуктивных зон поверхностными выработками приводит к значительным искажениям. Детальное изучение керна буровых скважин в сочетании с данными геофизических и геохимических работ повышает результативность геолого-поисковых работ.

В интересах истины следует отметить, что у нас и за рубежом вторичные золоторудные месторождения в крупных минерализованных зонах дробления найдены только в последние годы. До этого в рудопоявлениях они были практически известны, по ним прошли многие геологи с геологической съемкой, поиски с отбором проб, но масштабно оценить их не смогли — не сумели представить месторождения мощностью до сотен метров. То есть месторождения лежали сверху, но были открыты с таким трудом.

Теперь ставится вопрос так, что подобные месторождения выходят где-то в естественных обнажениях в современных склонах водотоков, а то и совсем завуалированы фрагментами поверхностей выравнивания высотой до 200 м, на которых встречаются выщелоченные обедненные руды.

Это осложняет весь процесс поисковых работ — снижается степень эффективности и без научной основы формирования месторождения они трудно открываемы или почти неоткрываемы. Недостаточная эффективность поисковых работ объясняется не отсутствием новых крупных вторичных золоторудных месторождений, а является, с одной стороны, результатом непродуктивного применения комплекса различных методов поиска, с другой — отсутствием геолого-геохимической генетической модели ожидаемых месторождений.

Опытно-методические исследования в золотоносных регионах применимости отдельных методик поиска вторичных золоторудных месторождений в крупных минерализованных зонах дробления должны найти широкое внедрение с учетом регионального характера развития зоны окисления под разновозрастными поверхностями выравнивания. Затраченное время и средства окупятся и будут служить поискам и рациональной методике разведки. Опытным путем должны быть определены: 1) имело ли место в конкретном золотоносном регионе сочетание благоприятных условий формирования

разновозрастных вторичных золоторудных месторождений; 2) выбор оптимального комплекса рациональных способов проведения работ по каждому методу; 3) разработка системы поисковых методов для конкретных условий поиска вторичных золоторудных месторождений, развитых по крупным минерализованным зонам дробления; 4) оптимальная система и плотность сети работ, в том числе горных поверхностных, подземных выработок и буровых скважин; 5) способ отбора проб.

Как показала многолетняя практика во многих золотоносных регионах, отсутствие опытно-методических работ привело поиски к ошибочным выводам, неоправданному затягиванию работ и нерациональным издержкам материальных и технических средств. Наиболее перспективными по объему руды, причем богатой, и скоростной методике поисков и разведки, базирующихся в основном на колонковом (реже ударно-канатном) бурении, являются вторичные золоторудные месторождения, развитые по крупным минерализованным зонам дробления. При этом колонковое бурение является одним из главных приемов поисковых работ. В ближайшей перспективе в связи с большой вероятностью открытия месторождений в коре выветривания значение колонкового бурения будет возрастать в комплексе методических приемов по мере увеличения детальности и глубинности, при все возрастающей мощности перекрывающих отложений бурение остается единственным прямым поисковым методом.

Поверхностные и подземные горные выработки являются значительно более трудоемкими способами поисков и разведки и целесообразны в качестве дополнительных приемов к бурению, особенно для установления достоверности буровых данных по определению содержания золота в руде.

При поисках вторичных золоторудных месторождений, развитых по крупным минерализованным зонам дробления, выжнейшим резервом повышения достоверности и эффективности поисковых работ являются современные фундаментальные исследования по растворению, миграции и вторичному осаждению золота. На базе этих исследований разработаны современные способы, например датировка поверхностей выравнивания, кор выветривания и зон окисления (авторское свидетельство, 1982), поиска богатых вторичных золоторудных и россыпных месторождений золота и др., которые заслуживают безусловного внедрения в практику геологоразведочных работ.

Эти способы позволяют разбраковывать в плане огромные золотоносные территории северо-восточного сектора Азии и сопредельных территорий и, более того, уточнить до первых десятков метров вертикальное положение в пространстве вторичных золоторудных месторождений. Естественно, только внедрение этих способов значительно уменьшает объемы геологоразведочных работ, в частности дорогостоящих горнопроходческих и буровых.

СПОСОБ ПОИСКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ТИПА "ЖЕЛЕЗНОЙ ШЛЯПЫ",
РАЗВИТЫХ ПО КОЛЧЕДАНЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ

В качестве стандартных методы поисков вторичных месторождений типа "железной шляпы" разработаны на уральских Карабашском, Гумешевском, Дегтярском, Блявинском, Гайском, Учалинском, Сибавском колчеданных месторождениях (Амирасланова, 1937; Петров, 1967 г. и др). Известны подобные методики поисков на месторождениях в Средней Азии, на Рудном Алтае, в Приморском крае и других (Ли, 1983). Из мировых примеров сюда можно отнести самое богатое в мире месторождение Гора Моргана; в пределах северо-восточного сектора Азии известны месторождения вторичных золоторудных месторождений типа "железной шляпы" по колчеданным залежам.

По морфологическим признакам и масштабам эти месторождения приближаются к вторичным месторождениям по крупным минерализованным зонам дробления. В отличие от последних, они в начальные стадии легко выделяются визуально в связи с окислением большого объема сульфидов. На местности они фиксируются в виде широких полос лимонитов ярко окрашенных в зависимости от принадлежности к разным подзонам окисления. Так, в Забайкалье одно из подобных месторождений мощностью около 100 м приурочено к водоразделу среднегорного рельефа с относительным превышением водораздела над уровнем воды ручьев в пределах 300 м.

Месторождение было зафиксировано при проведении геологосъемочных работ масштаба 1:200 000 на соседнем листе карты и было рекомендовано для проведения поисковых работ.

В нижней части разреза над урезом воды в ручьях (см. рис. 15) выступают слабоокисленные колчеданные руды. Выше по разрезу в подзонах вторичного золотого обогащения и выщелачивания общей высотой около 100 м руды постепенно меняют темную окраску (за счет появления ковеллина и халькозина) и приобретают темно-бурую окраску. Еще выше на интервале около 200 м до самого водораздела руды полностью окисленные и выщелоченные, сухаристые желтого и светло-желтого цвета.

Поисковые работы первоначально проведены выхаживанием маршрутами по горизонталям с интервалом 100 м вкрест простиранья месторождения. В маршрутных исхаживаниях, кроме образцов и проб из руд и вмещающих пород, отбирались пробы спектроскопической по сети 100x20 м. По данным маршрутных исследований и спектроскопической определены масштабы месторождения.

Затем от уреза воды в ручьях вверх по склону через 25 м вкрест простиранья рудного тела были пройдены непрерывные каналы. Вскрытые каналами разрезы по месторождению подвергались сплошному бороздovому опробованию секциями длиной по 1 м. В случае резкой смены опробуемого материала (сульфидные крутопадающие линзы обычно вкрест простиранья сменяются вмещающими вулка-

нитами с разной степенью гидротермальной проработки) длина секций определяется вещественным составом руд в опробуемых участках. Массой проб, взятых секционно по горизонтали с характеристикой разными канавами участков по вертикали, выявлено закономерное распределение золота в руде.

Промышленные руды установлены в нижней части разреза сразу (см. рис. 15) по трем канавам с интервалом через 25 м. Ниже сульфидные руды показали содержание золота в 2 раза ниже по отношению к содержанию в промышленном горизонте. Весь участок месторождения высотой около 200 м, расположенный выше горизонта промышленных руд, характеризуется низкими содержаниями золота.

Комплекс дальнейших работ соответствует следующей стадии предварительной разведки, переход к которой определяется требованиями кондиций, географо-экономическими факторами. Как правило, по данным уральских месторождений, это колонковое бурение в комплексе с заверочными горно-проходческими работами.

Таким образом, выделенные способы поисков по типам вторичных золоторудных месторождений объединяются следующими общими принципами: необходимый фон проявления эндогенного золотого оруденения, развитие одной или нескольких разновозрастных поверхностей выравнивания, синхронных с линейными корами выветривания и зонами окисления глубиной до 300 м и более над гидрогеохимическим барьером (палеоуровнем грунтовых вод), в которых формируются вторичные золоторудные месторождения высотой около 100 м (подзона вторичного золотого обогащения с подзоной выщелачивания).

Глава V

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КАРТА ЗОЛОТОНОСНОСТИ НА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ МАСШТАБА 1:100 000

На основании геологосъемочных, геоморфологических, поисково-разведочных работ золотоносности на геоморфологической основе масштаба 1:100 000 с врезками для рудных узлов масштаба 1:25 000. На протяжении десятилетий в золотоносных районах Северо-Востока СССР и Якутии без этой карты не проводится никаких поисков россыпей горно-проходческими и буровыми работами. Она является основанием для заложения больших объемов поисково-разведочных работ на россыпное золото. На этой карте сосредоточено столь много сведений, что она без изменений используется для обоснования постановки поисков вторичных золоторудных месторождений. К сожалению, в других золотоносных регионах такие карты отсутствуют, что является причиной многих казусов. Долгое время изменялся масштаб этой карты до тех пор, пока практическая

необходимость не привела к данному масштабу. Более мелкий масштаб не позволяет учесть все геологические предпосылки поиска россыпных и богатых вторичных золоторудных месторождений из-за своей схематичности. Более крупный масштаб карт не практичен в связи с малым охватом площади поисков.

Специализированная карта золотоносности масштаба 1:100 000 отражает геологическую, металлогеническую, в том числе россыпную, геоморфологическую, геохимическую особенности района, степень его разведанности, перспективность, элементы корообразования, результаты поисковых работ. По своей сущности эта карта металлогеническая или, более того, карта закономерностей размещения и прогноза полезного ископаемого.

На этой карте благодаря накопленным данным отчетливо вырисовываются перспективные участки на россыпное золото. На ней показаны все точки эндогенных рудопоявлений с содержанием золота по пробирному химическому анализу, все точки россыпной золотоносности, в том числе знаковой, масштабно нанесены выявленные (в том числе отработанные) россыпи золота. Пройденные за все годы поисковые линии шурфов, траншей, буровых скважин показаны на карте секциями влияния каждой выработки с раскраской по результатам опробования (пустые, знаковые, с бортовым, промышленным содержанием золота). При необходимости на эту карту переносят сведения о пробе золота по отдельным россыпям и даже с участков по отдельным линиям, местоположению и размерах самородков.

В региональном плане на карту наносят структурно-золотоносные зоны, в которых унаследована связь определенных россыпей золота и коренных источников. В пределах зон выделяются на карте рудопоявления и месторождения по основным морфологическим типам (жилы, сопряженные жилы с залежами, залежи, минерализованные зоны дробления) с отражением степени сульфидности (убого-, мало-, умеренно- и существенно сульфидные).

И наконец, на специализированных листах карты золотоносности обязательно должны быть нанесены элементы оценки перспектив вторичных золоторудных месторождений. Представляется, что в этом отношении не следует идти по пути перегрузки карты. Например, наличие на карте фрагментов поверхностей выравнивания среди рудных или россыпных проявлений, а тем более с этими проявлениями в пределах фрагментов поверхностей выравнивания является важнейшим поисковым признаком. А если эти поверхности разновозрастны и имеют различные таксонометрические уровни, можно предположить наличие нескольких синхронных зон окисления с вторичными золоторудными месторождениями. Масштабность перспектив этих ожидаемых месторождений будет зависеть от типа по принятой нами классификации месторождений и глубины развития зон окисления. Желательно для регионов, например, среднегорных, в которых фрагменты древних поверхностей выравнивания не сохранились, а синхронные им линейные коры выветривания и зоны окисления в виде реликтов присутствуют, давать знаками абсолютные

отметки предшествующих поверхностей выравнивания. Или можно ограничиться положением на карте нижней границы зон окисления, линейных кор выветривания, синхронных с определенной поверхностью выравнивания, не сохранившейся в результате эрозии. Подобное погоризонтное изображение линейных кор выветривания на карте дает представление о степени сохранности, эродированности зон окисления и связанных с ними вторичных золоторудных месторождений. О соответствующей глубине размыва этих месторождений можно судить по отсутствию на какой-нибудь площади одного, двух или трех верхних горизонтов более древних зон окисления.

Такой анализ позволяет с определенной точностью по степени сохранности водораздельных пространств с учетом контуров структурно-металлогенических золотоносных зон и длины по простиранию рудопроявлений не только рассчитать прогнозные запасы руды и золота в пределах карты, но и определить в них содержание и местоположение вторичных золоторудных месторождений в пространстве.

При наличии такого рода данных не представляет затруднений выбор главных направлений геологоразведочных работ по стадиям, очередности объектов.

Положение зон окисления вторичных золоторудных месторождений можно разместить на обычных геологических профилях или на нормальных колонках разрезов за рамкой карты. Иногда в разрезе рудоносной площади могут сочетаться месторождения разных продуктивных типов (жилы, зоны, залежи и т.д.). В местах вскрытия и изучения рудоносных образований можно отразить их особенности на карте с помощью мелких колонок. В колонках отмечают глубины залегания всех выявленных залежей, жил, минерализованных зон дробления.

Важнейшие признаки, которые характеризуют золоторудные образования, включают:

- 1) мощность — приводится цифровыми значениями в кружках;
- 2) содержание золота — цифровыми значениями по пробирному анализу (в г/т);
- 3) морфологический тип вторичного золоторудного месторождения по принятой градации.

Согласно П.Ф. Ли (1983), на специализированной карте золотоносности должны быть отражены элементы прогнозирования и оценки промышленных перспектив золотоносности в пределах карты. С этой целью карта разделяется на отдельные площади по степени достоверности перспектив с оценкой прогнозных ресурсов по категориям P_1, P_2, P_3 . По К.И. Дворцовой и Е.Н. Горечкой (Общие принципы..., 1957), предлагается выделять по степени перспективности шесть категорий площадей.

Перспективные площади с вторичными золоторудными месторождениями (прогнозные ресурсы оцениваются в основном по категориям P_1).

1. Перспективные, геологически благоприятные, с известными про-

мышленными вторичными золоторудными месторождениями определенного типа.

2. Перспективные, геологически благоприятные, с небольшими жильными вторичными золоторудными месторождениями или отчетливо выраженными их рудопроявлениями.

Перспективные площади по геохимическим данным (прогнозные ресурсы оцениваются в основном по категории P_2).

3. Перспективные, геологически благоприятные, с косвенными признаками вторичного золотого обогащения.

4. Геологически благоприятные лишь по некоторым факторам, но без известных вторичных золоторудных месторождений и даже без признаков промышленного вторичного золотого оруденения

Площади с неясной перспективностью или бесперспективные в отношении вторичного золотого оруденения (прогнозные ресурсы оцениваются по категории P_3).

5. Геологически недостаточно изученные, с неясной перспективностью.

6. Геологически неблагоприятные и бесперспективные на выявление вторичного золотого оруденения

В зависимости от геологических особенностей территории разработанная схема (Дворцова, Горецкая, 1957) может быть откорректирована. Перспективные площади на карте можно выделить сплошными или пунктирными линиями.

Специализированная карта золотоносности с отражением всех перечисленных данных и особенностей является прогнозной и позволяет оценить перспективное развитие геологоразведочных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Северо-восточный сектор Азии является одним из наиболее перспективных регионов мира для разработки современных способов поиска золоторудных месторождений на основе изучения формирования, состава, строения и закономерностей распределения зон гипергенного обогащения

Многочисленные фрагменты разновозрастных древних поверхностей выравнивания в горнорудных районах сектора являются индикаторами многочисленных реликтов древних плоскогорий и нагорий с глубоко развитыми в них древними зонами окисления рудных месторождений и проявлений. Здесь только в последние годы закартировано и установлено региональное развитие формаций разновозрастных золотоносных гор выветривания глубиной до сотен метров с гипергенным обогащением нижней части. В связи с этим методика поисков и разведки месторождений плутоногенных и вулканогенной формаций, на которых развиваются месторождения

губчатой меди, соединений естественных радиоактивных, редких и других элементов-мигрантов

На примере золотоносных регионов северо-восточного сектора Азии изучение проблемы формирования золотоносных кор имеет важное теоретическое и прикладное значение при поисках вторичных золоторудных месторождений с повышенным содержанием, первичных месторождений с невысоким содержанием, завалуированных подзоной полного окисления и выщелачивания, и россыпных месторождений

Нами разработан новый способ датировки поверхностей выравнивания и зон окисления золоторудных месторождений (А с., 1982), способы поиска золоторудных и россыпных месторождений золота.

Таким образом, сущность способа поиска вторичных золоторудных месторождений золота сводится к прогнозированию их на специализированной карте золотоносности масштаба 1:100 000 по региональным и локальным критериям. Далее региональными и локальными геохимическими, геофизическими, минералогическими приемами и методами вторичные золоторудные месторождения выявляются на местности. В зависимости от масштабов и типов месторождений (жилы, залежи, крупные минерализованные зоны дробления) выбираются оптимальные комплексы горнопроходческих и буровых работ по стадиям поисковой, предварительной и детальной разведки с тем, чтобы все разведочные выработки максимально использовались для целей эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- А.с. 879401 СССР. Способ датировки линейных кор выветривания и синхронных им во времени поверхностей выравнивания /Н.В.Нестеров, И.Н.Нестерова, В.В.Савинова, А.С.Яценко // Открытия, изобрет Пром образцы Товар знаки. 1982. № 41. С. 197.
- Альбов МН Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М. Госгеолтехиздат, 1960. 216 с
- Амирасланова А.В. Красногвардейское месторождение на Урале // Тр. ГИН АН СССР. 1934 Т. 4. С. 1-187.
- Амирасланова А.А. Минералогическая характеристика месторождений Урала и вторичные процессы в них // Тр. ВИМС. 1937. Вып. 121. С. 236-251.
- Амузинский В.А., Кухтинский Г.Г. Распределение золота и железа в магматических породах владивостокской окраины Верхояно-Чукотской складчатой области // Геохимия золота Владивосток, 1974. С. 39-41.
- Анерт Э.Э. Богатства недр Дальнего Востока Хабаровск, Владивосток, 1928. 932 с.
- Бетехин А.Г. О процессе формирования руд в жильных гидротермальных месторождениях // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., 1955. С. 53-64.
- Билибин Ю.А. К вопросу о вертикальной зональности рудных месторождений // Зап. ВМО. 1951. Вып. 2. С. 37-49.
- Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 463 с.
- Вахрамеев Г.С. Геохимические методы поисков и разведки редкометалльных карбонатов // Тр. Иркут. политехн. ин-та. Сер. геол. 1966. Вып. 30. С. 177-183.
- Вернадский В.И. Опыт описательной минералогии. СПб., 1914. Т.1. Самородные элементы. Природное золото и серебро. 518 с.
- Вернадский В.И. Избранные сочинения. М. Изд-во АН СССР, 1955. Т.1/2. 500 с. Т.1. Самородные элементы; Т.2. Опыт описательной минералогии.
- Винниченко Н.Т. Термическое изучение бурных железняков Туранглы-Сая // Зап. Узб. отд-ния ВМО. 1951. Вып. 2. С. 31-48.
- Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 3-21.
- Волярович Г.П., Рожков И.С. Золотоносные провинции и области СССР // Геология, закономерности размещения и методы изучения месторождений золота. М., 1967. С. 45-71. (Тр. ЦНИГРИ, Вып. 76).
- Высоцкий Н.К. Месторождения золота Кочкарской системы на Южном Урале. СПб., 1900. С. 98-105. (Тр. Геолсома, Т. 13).
- Гинзбург И.И., Рукавишникова И.А. Минералы древней коры выветривания Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 715 с.
- Горностаев Н.Н. Золоторудное месторождение Советского рудника в Северо-Енисейской тайге // Тр. НИГРИЗолота и треста "Золоторазведка". 1936. Вып. № 3. С. 7-79.
- Гудков П.П. Аскольдовский рудник и другие месторождения золота на острове Аскольд // Материалы по геологии и полез. ископаемым Дал. Востока. Владивосток. Дальневост. ун-т, 1921. № 20. С. 80-90.
- Домаров В.С., Станкевич В.И. Колчеданное месторождение Нижне-Тагильского округа на Урале // Горн. журн. 1926. № 10. С. 680-689.
- Еремеев А.Н. Методика и разработка глубинной литохимической съемки // Литохимические поиски рудных месторождений Алма-Ата. Изд-во КазССР, 1968. С. 96-99.

- Желнин С.Г.* Условия образования аллювиальных россыпей золота на Северо-Востоке Азии М Наука, 1979 120 с
- Заварицкая А.Н.* Таналыкско-Баймакский меднорудный район // Горн. дело. 1920. № 4. Прил. С 1—34
- Замятин П.М.* Колчедан — сыпучка верхних горизонтов Ново-Левинского месторождения // Минерал сырье 1929 № 10 С. 1—89
- Иванов А.А.* О формах нахождения дисперсного золота в пирите // Материалы по минералогии золота М Изд-во ОНТИ Главспеццветметта, 1952. С. 128—138
- Иванова В.П.* Термограммы минералов // Зап. ВМО 1961 4.90, вып. 1 С. 51—90
- Ивансон Ю.П., Левин В.И.* Генетические типы золоторудного оруденения и золоторудные формации // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области М. Наука, 1975 С. 4—120
- Караваев М.Е., Скрябин С.З.* Растительный мир Якутии. Якутск: Кн. изд-во, 1971. 126 с
- Красников В.И.* Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. 3-е изд. М. Недра, 1965 399 с.
- Крејтер В.М.* О поведении золота в зоне гипергенеза // Тр. Моск. ин-та цвет. металлов и золота. 1947. № 16. С. 89—99.
- Крејтер В.М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1969. 382 с
- Крејтер В.М., Аристов В.В., Вольтский И.С.* и др. Поведение золота в зоне окисления золотосульфидных месторождений. М. Госгеолтехиздат, 1958 304 с
- Кренделев Ф.П., Куликов А.А., Нестеренко Г.В.* и др. Кларки радиоактивных элементов в докембрийских породах р. Учур // Геология и геофизика 1971 № 4 С. 70—81
- Кузнецов Ю.А.* Главные типы магматических формаций. М. Недра, 1964. 404 с
- Ли П.Ф.* Поиски месторождений полезных ископаемых, связанных с корами выветривания Л: Недра, 1983 215 с.
- Махсимов Е.П.* Серии мезозойских щелочных и субщелочных пород Центрального Алдана // ДАН СССР 1971. Т. 200, № 5 С. 1195—1199
- Маракушев А.А.* Геохимический анализ процессов экзогенного и эндогенного сульфидного оруденения // Геология руд месторождения, 1976. Т. 6. С. 3—17
- Меннер В.В.* Палинология в стратиграфии // Проблемы палинологии. М.: Наука, 1973 С. 31—35
- Моисеенко В.Г.* Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока М. Наука, 1977. 314 с
- Нарсеев В.А.* Состояние и основные направления в разработке научных основ локального прогноза золоторудных месторождений // Тр. ЦНИГРИ. 1984. Вып. № 195 С. 7—15.
- Нестеренко Г.В.* Происхождение россыпных месторождения Новосибирск: Наука, 1977. 310 с
- Нестеров Н.В.* Причины распределения месторождений по пробе золота в Верхне-Индигирском золоторудном районе // Тр. X науч. конф. инж.-техн. фак. ЯГУ. Якутск. Кн. изд-во, 1970. С. 63—71.
- Нестеров Н.В.* Геохимия зоны гипергенеза рудных месторождений в области докембрийской консолидации // Материалы II Междунар. симпозиума "Методы прикладной геохимии". Иркутск: Ин-т геохимии СО АН СССР, 1981. Ч. 2 С. 47—48.
- Нестеров Н.В.* Зоны гипергенного обогащения руд северо-восточного сектора Азии // Тез. докл. Междунар. геол. конгр. М. Наука, 1984. Т. 6 С. 223—224.
- Нестеров Н.В.* Гипергенное обогащение золоторудных месторождений Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1985. 200 с.
- Нестеров Н.В., Нестерова И.Н.* Геохимия подзоны гипергенного обогащения рудных месторождений на Северо-Востоке Азии и методы их выявления // Материалы I Междунар. симпозиума "Методы прикладной геохимии" Прага, 1979 С. 166—169.
- Нестеров Н.В., Плюсин А.М., Погребняк Ю.Ф.* Изучение поведения золота в условиях зоны окисления золотосульфидных месторождений // Геохимия. 1979. № 6. С. 878—887.
- Нестеров Н.В., Анасенко А.В., Раяхлин А.И., Трифонов Ф.А.* К вопросу о связи рудных и россыпных месторождений золота Якутии // Проблемы геологии россыпей Магадан ОНТИ Сев.-Вост. комплексн. ин-та, 1970 С. 133—137.
- Нестеров Н.В., Нестерова И.Н., Погребняк Ю.Ф., Яценко А.С.* Золото в водах зоны

- Нестеров Н.В., Нестерова И.Н., Савинова В.В., Яценко А.С.* Новое в возрастной датировке поверхностей выравнивания и кор выравнивания Забайкальского нагорья // Там же. 1972. Т. 248, № 6. С. 1403—1406.
- Общие принципы регионального металлогенетического анализа и методика составления металлогенетических карт для складчатых областей / А.И.Семенов, К.И.Дворцова, Е.Н.Горецкая и др. М.: Гостеолтехиздат, 1957. 150 с.
- Перельман А.И.* Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
- Переляев А.П.* Ассоциация самородного золота и самородной меди супергенного происхождения // ВМО. Сер. 2. 1951. Ч. 80, вып. 4. С. 289—291.
- Петров В.П.* Основы учения о древних корах выветривания. М.: Недра, 1967. 211 с.
- Петровская Н.В.* Характер золотоносных минеральных ассоциаций и формация золотых руд СССР // Материалы XXI сес. Междунар. геол. конгр.: Докл. сов. геологов. М.: Гостеолтехиздат, 1960. С. 145—159.
- Петровская Н.В.* Самородное золото. М.: Наука, 1973. 346 с.
- Петровская Н.В., Фастолович А.И.* Изменения внутренней структуры самородного золота в условиях россыпей // Вопросы геологии Азии. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 2. С. 245—256.
- Разин Л.В., Рожков И.С.* Геохимия золота в коре выветривания и биосфере золоторудных месторождения куранахского типа. М.: Наука, 1966. 189 с.
- Рожков И.С.* Генетические типы месторождения золота и их положение в геотектонических структурах // Геология и геофизика. 1968. № 7. С. 72—80.
- Росляков Н.А., Непенина Л.А., Цимбалист В.Г.* и др. Формы нахождения и миграции золота в коре выветривания золото-сульфидных месторождений // Геохимия и условия образования рудного золота и редких металлов. Новосибирск: Наука, 1972. Вып. 149. С. 125—138.
- Рундквист Д.В.* Основы научного прогноза месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых // Материалы к совещанию по проблеме "Основы научного прогноза месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых". Л.: Недра, 1971. С. 150—159.
- Середенко Г.А.* Генетические особенности развития золотого оруденения Енисейского кряжа // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985. С. 53—58.
- Смирнов В.И.* Шесть типов первичной зональности гидротермальных рудных тел // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1957. № 3. С. 111—112.
- Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М., Яковлев Г.Ф.* Курс рудных месторождений. М.: Недра, 1981. 347 с.
- Смирнов С.С.* Зона окисления сульфидных месторождений. М., Л.: ОНТИ, 1936. 222 с.
- Смирнов С.С.* Зона окисления сульфидных месторождений. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 330 с.
- Суслов Д.К., Меркулов М.И.* Колчеданные месторождения Карабашского района на Урале. М.: Цветметиздат, 1932. 188 с.
- Таусон Л.В.* Проблемы поисковой геохимии // Проблемы эндогенного рудообразования и металлогении. Новосибирск: Наука, 1976. С. 229—238.
- Шило Н.А.* Россыпепобразующие рудные формации и связь с ними россыпей // Проблемы геологии россыпей. Магадан: СО АН СССР, 1970. С. 13—24.
- Шило Н.А.* Актуальные проблемы геологии коренных месторождения золота // Тр. СВКНИИ. 1972. Вып. 44. С. 5—16.
- Шило Н.А.* Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1981. 383 с.
- Щербаков Ю.Г.* Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1974. 280 с.
- Bateman A.M.* Economic mineral deposits. N.Y.: Wiley, 1946. 916 p.
- Brokaw A.D.* The solution of gold in the surface alteration of ore bodies // J.Geol. 1910. Vol. 18. P. 321-326.
- Brokaw A.D.* The secondary precipitation of gold in ore bodies // J.Geol. 1913. Vol. 21. P.251—267.
- Clayton J.E.* Atlanta district // Trans. AIME. 1877. Vol. 5. P. 466—473.
- De Larnay L.* Discussion of the paper of S.F.Emmons and W.H.Weed // Ibid. 1901. Vol. 31. P. 947—951.

- Don J.R.* The genesis of certain auriferous bodies // *Ore deposits / Comp. S.F.Emmons. N.Y., 1913. F. 162-215.*
- Dunn E.J.* Geology of gold. L.: Charles Griffin and Co. Ltd., 1929. 303 p.
- Emmons S.F.* The secondary enrichment of ore deposits // *Trans. AIME. 1901. Vol. 30. P. 177—217.*
- Emmons W.H.* Gold deposits of the world // *Mc-Graw-Hill Book Comp. Inc., N.Y., 1937. 562 p.*
- Finlayson A.M.* The pyritic deposits of Huelva, Spain // *Econ. Geol. 1910. Vol. 5. P. 409—410.*
- Friedensburg F.* Gold, 2, umgearb. Aufl. von Berg-Friedensburg. Das Gold. Stuttgart: Enke, 1953. 234 s.
- Hadge E.T.* The composition of waters in mines of sulphide ores // *Ibid. 1915. Vol. 10. P. 123—139.*
- Haycock M.H.* The role of the microscope in the study of gold ores // *Trans. Canad. Miner. Metall. 1937. Vol. 40, Bull. 304. P. 405-414.*
- Hoover H.C.* The superficial alteration of Western Australian ore deposits // *Trans. AIME. 1899. Vol. 26. P. 758-765.*
- Kulp I.L., Trites A.F.* Differential thermal analysis of the natural hydrous ferric oxides // *Amer. Miner. 1951. Vol. 36. P.86—112.*
- Landgren W.* The gold-quartz veins of Nevada City and Grass Valley districts, California // *Annu. Rep. US Geol. Surv. 1896. Vol. 17. P. 1—262.*
- Lock A.G.* Gold; its occurrence and extraction. L.: E. and F.N. Spon Publishers, 1926. 1229 p.
- MacKay R.A.* Purity of native gold as a criterion for secondary enrichment // *Ecol. Geol. 1944. Vol. 39, N 1. P. 96—110.*
- Maclaren J.N.* Gold, its geological occurrence and geographical distribution // *Mining J. L., 1908. P. 687—754.*
- Morqan P.C.* The geology and mines of the Waiti district, Hauraki goldfield, N.Z. // *N.Z., Geol. Surv. 1924. Vol. 26 (New Series). P. 218—230.*
- Palmer C., Bastin E.S.* Metallic minerals as precipitants of silver and gold // *Econ. Geol. 1913. Vol. 8, N 2. P. 140—170.*
- Penrose R.A.F.* Some causes of ore shoots // *Ibid. 1910. Vol. 5, N 2. P. 97-133.*
- Poséphy F.* Setzet das Gold in die Teufe? // *Osterr. Ztschr. Berg- und Hütewännern. 1867. N 22. p. 2 29—268.*
- Rickard T.A.* The formation of bonanzas in the upper portions of gold veins // *Trans. AIME. 1902. Vol. 31. P. 198—220.*
- Schneiderhöhn H.* Die Oxydations- und Zementationzone der sulfidischen Erzlagertstätten // *Fortschr. Miner. Kristallogr. und Petrogr. 1924. Bd. 9, N 9. S. 469—562.*
- Sharwood W.J.* Analyses of some rocks and minerals from the Homestake mine, Lead, South Dakota // *Econ. Geol. 1911. Vol. 6, N 8. P. 729—789.*
- Skey W.* On the reduction of certain metals from their solutions by metallic sulphides, and the relation of this to the occurrence of such metals in a native state // *N.Z. Inst. Trans. and Proc. 1871. Vol. 3. P. 225—231.*
- Stokes H.N.* Experiments on the solution, transportation and deposition of copper, silver and gold // *Econ. Geol. 1906. Vol. 1, N 7. P.644—650.*
- Van Hise C.R.* Some principles controlling the deposition of ores // *Trans. AIME. 1901. Vol. 30. P. 27—177.*
- Vogt J.H.* Das Huelva Kieself in Süd-Spanien und dem angrenzenden Teile von Portugal // *Ztschr. pract. Geol. 1899. Bd 7. S. 389—401.*
- Warren H.V.* Supergene gold crystals as Stirrup Jake, BC // *Wes. Minner. 1979. June. P. 9-14.*
- Wilkinson C.* On the theory of the formation of gold nuggets by drift // *Roy. Soc. Victoria Trans. and Proc. 1867. Vol. 8. P. 11—15.*
- Winchell A.N.* The oxidation of pyrite // *Econ. Geol. 1907. Vol. 2. P. 290—294.*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава I. ТИПЫ ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	7
Вторичные золоторудные месторождения в карстах	10
Вторичное золоторудное месторождение по умеренно сульфидным жилам, сопряженным с залежами	30
Вторичное золоторудное месторождение, развитое по малосульфидным золото-кварцевым жилам	46
Вторичные золоторудные месторождения, развитые по крупным малосульфидным минерализованным зонам дробления	51
Вторичные золоторудные месторождения типа "железной шляпы", развитые по колчеданному оруденению	59
Глава II. ОЦЕНКА, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	65
Глава III. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ВЫЯВЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	70
Региональные критерии	72
Локальные критерии	78
Глава IV. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ЭКСПЛУАТАЦИИ	78
Способ поиска вторичных золоторудных месторождений в карстах	79
Способ поиска вторичных золоторудных месторождений, развитых по умеренно сульфидным жилам, сопряженным с залежами	89
Способ поиска вторичных золоторудных месторождений, развитых по малосульфидным золото-кварцевым жилам	97
Способ поиска вторичных золоторудных месторождений, развитых по крупным малосульфидным минерализованным зонам дробления	102
Способ поиска вторичных золоторудных месторождений типа "железной шляпы", развитых по колчеданным месторождениям	109
Глава V. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КАРТА ЗОЛОТОНОСНОСТИ НА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ МАСШТАБА 1:100 000	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
ЛИТЕРАТУРА	117

1 p. 70 к.

текст

100

$$\begin{array}{r} 11.7 \\ - 10.3 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11.7 \\ - 10.3 \\ \hline \end{array}$$

текст

100

✓

текст 1

—