

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв



2/2004

ISSN 0869-5997

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ

Президент России В.В.Путин направил поздравление участникам торжественного заседания, посвященного Дню геолога.

В телеграмме Президента говорится:

«Приветствую участников торжественного вечера, посвященного Дню геолога, и поздравляю всех российских геологов с профессиональным праздником.

Быть первопроходцами, открывать для страны богатства недр способны только смелые, целеустремленные, преданные своему делу люди. И недаром профессия геолога всегда пользовалась общественным признанием и уважением.

Сегодня вы закладываете основы ресурсной базы страны — как на ближайшие десятилетия, так и на стратегическую перспективу. И от результатов вашей работы во многом зависит рост экономических возможностей России и благосостояния ее граждан.

Уверен, вы сохраните и приумножите лучшие традиции отечественной горно-геологической службы.

Желаю вам крепкого здоровья, новых успехов и открытий».

В.Путин

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



2/2004

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
В.И.ВОРОБЬЕВ
П.А.ИГНАТОВ
М.М.КОНСТАНТИНОВ
А.И.КРИВЦОВ, зам. главного редактора
Н.К.КУРБАНОВ
Г.А.МАШКОВЦЕВ
В.М.МИНАКОВ
Н.И.НАЗАРОВА, зам. главного редактора
Г.В.ОСТРОУМОВ
В.М.ПИТЕРСКИЙ
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН
И.А.ЧИЖОВА



УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)**

Издается при участии

Международной академии минеральных ресурсов,
Фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2004

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: Г.В.Земскова, Н.И.Назарова

Сдано в набор 15.03.2004 г.
Подписано в печать 12.04.2004 г.
Тираж 300 экз.

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

© «Руды и металлы», 2004

Сообщение для печати

5

Communication for press

Прикладная металлогения и недропользование

Applied Metallogeny

Флеров И.Б.

Золото недр России: мифы, реалии, проблемы

7

Flyorov I.B.

Gold of Russian subsoil: myths, real features, problems

Константинов М.М.

Конвекционные золотоносные системы

16

Konstantinov M.M.

Convection gold-bearing systems

Рафаилович М.С.

Нетрадиционные районы и типы месторождений золота Казахстана

25

Rafailovich M.S.

Non-traditional types of gold deposits in Kazakhstan

Третьяков А.В.

Россыпная золотоносность Южно-Алтайского, Северо-Казахстанского и Каратауского районов Казахстана

36

Tretyakov A.V.

Placer gold content of South Altai, North Kazakhstan and Karatau regions of Kazakhstan

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Methods and methodologies of deposit prediction, prospecting, evaluation and exploration

Остапенко Л.А., Стружков С.Ф., Рыжов О.Б., Цымбалюк Н.В., Евтушенко М.Б.

Оценка достоверности опробования руд на крупнообъемных золоторудных месторождениях в терригенных толщах (на примере Дегдеканского месторождения)

42

Ostapenko L.A., Struzhkov S.F., Ryzhov O.B., Tymbalyuk N.V., Yevtushenko M.V.

Assessment of ore sampling reliability at large-tonnage gold deposits in terrigenous strata exemplified by Degdekanskoye deposit

Строение рудных месторождений

Structure of Ore Deposits

Вихтер Б.Я.

Золото-вольфрамовые месторождения «богемского» типа и перспективы Северного Кавказа на обнаружение аналогичных объектов

56

Vikhter B.Ya.

Au-W deposits of «bohemian» type and North Caucasus prospects for their discovery

Василевский Б.Б., Конеев Р.И., Рустамов А.И., Туресебеков А.Х., Игнатиков Е.Н., Мирталипов Д.Я., Рахимов Р.Р.

Новые данные о вещественном составе золотых руд месторождения Мурунтау

67

Vasilevsky B.B., Koneyev R.I., Rustamov A.I., Turesebekov A.H., Ignatikov E.N., Mirtalipov D.Ya., Rakhimov R.R.

New data on the material composition of Muruntau deposit's gold ores

**Аппаратурно-технические средства
и технологии геологоразведочных
работ**

Крылова Г.С., Ибрагимова Н.В.
Перспективы извлечения золота из лежалых
хвостов обогатительных фабрик

79

**Equipment and Technologies for
Geological Prospecting**

Krylova G.S., Ibragimova N.V.
Prospects for gold recovery from processing
plants' tailings

Поздравляем с юбилеем

Л.А.Лапину, В.М.Яновского

82

L.Ya.Lapina, V.M.Yanovsky

Congratulations

СООБЩЕНИЕ ДЛЯ ПЕЧАТИ

www.government.gov.ru/index.html

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
от 6 апреля 2004 г. № 171***Вопросы Федерального агентства по недропользованию*

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 9 марта 2004 г. № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» Правительство Российской Федерации **постановляет**:

1. Установить, что Федеральное агентство по недропользованию является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом, а также правоприменительные функции в сфере недропользования.
2. Федеральное агентство по недропользованию находится в ведении Министерства природных ресурсов Российской Федерации.
3. Федеральное агентство по недропользованию осуществляет свои функции непосредственно и через свои территориальные органы.
4. Основными функциями Федерального агентства по недропользованию являются:
 - а) организация работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы и ее рациональному использованию;
 - б) проведение геологического изучения недр на территории Российской Федерации и континентальном шельфе Российской Федерации;
 - в) ведение федерального и территориальных фондов геологической информации о недрах, а также банка данных по вопросам недропользования;
 - г) управление в пределах своей компетенции федеральным имуществом в сфере недропользования, в том числе управление государственным фондом недр;
 - д) осуществление в пределах и порядке, определенных федеральными законами, актами Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации, полномочий собственника в отношении необходимого для обеспечения исполнения функций федеральных органов государственной власти федерального имущества, в том числе переданного федеральным государственным унитарным предприятиям, федеральным казенным предприятиям и государственным учреждениям, подведомственным Агентству;
 - е) ведение государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, государственного учета работ по геологическому изучению недр, участков недр, предоставленных для добычи полезных ископаемых, а также для целей,

не связанных с их добычей, и включение их в государственный реестр, ведение государственного баланса запасов полезных ископаемых, осуществление мониторинга состояния недр;

ж) предоставление в установленном порядке права пользования недрами;

з) оказание государственных услуг, связанных с проведением:

в установленном порядке геолого-экономической и стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых и участков недр;

государственной экспертизы запасов полезных ископаемых, геологической и экономической информации о предоставляемых в пользование участках недр, а также проектно-сметной документации на ведение работ по геологическому изучению недр.

5. Разрешить Федеральному агентству по недропользованию иметь до 4 заместителей руководителя, а также в структуре центрального аппарата до 4 управлений по основным направлениям деятельности Агентства.

6. Установить предельную численность работников центрального аппарата Федерального агентства по недропользованию в количестве 130 единиц (без персонала по охране и обслуживанию зданий) и предельную численность работников его территориальных органов в количестве 1140 единиц (без персонала по охране и обслуживанию зданий).

7. Согласиться с предложением Министерства природных ресурсов Российской Федерации о размещении центрального аппарата Федерального агентства по недропользованию в г. Москве, ул. Б.Грузинская, д. 4/6, корпуса А и Б.

Председатель Правительства Российской Федерации

М.Фрадков

Москва, 9 апреля 2004 г.



ЗОЛОТО НЕДР РОССИИ: МИФЫ, РЕАЛИИ, ПРОБЛЕМЫ*

И.Б.Флеров (ЗАО «Русская горная компания»)

Несмотря на неуклонно развивающиеся в России рыночные отношения, в среде геологов и золотодобытчиков по-прежнему бытуют мифы о важной роли золота в валютной системе страны, крупной сырьевой базе коренного золота в России, бесперспективности россыпей по сравнению с коренными месторождениями и др., созданные еще в советское время, которые искажают действительность и препятствуют необходимому законотворчеству и выбору адекватных решений в деле дальнейшего развития сырьевой базы золота.

Наиболее живучим мифом является весьма распространенное мнение о том, что золото России, как государству, необходимо. Это порождает несбыточную надежду, что оно когда-нибудь да будет финансировать, как раньше, геологоразведочные работы, отраслевую науку и золотодобывающую промышленность. Что сырьевая база коренного золота, доставшаяся России в наследство, крупная — это тоже миф, который вызывает, по меньшей мере, недоумение, почему иностранные и отечественные инвесторы не спешат ее осваивать. Миф о богатстве недр России золотом и другими полезными ископаемыми породил мнение о том, что изъятие природной ренты при разработке месторождений обогатит страну, а превращение некоторых месторождений в нерентабельные объекты — результат перехода к рыночным отношениям, якобы обесценившим эти месторождения. Несмотря на ежегодный рост добычи золота из россыпей, обществом муссируется миф об их «кончине» в недалекой перспективе, почему россыпи золота как вид полезного ископаемого объявлены «недостойными» федерального уровня и, следовательно, бюджетного финансирования. Правительство снова, следуя пресловутой гигантомании, свойственной советскому прошлому, устанавливает приоритет масштаба месторождения над его качеством. Ориентируя государственную геологическую службу только на крупные место-

рождения коренного золота, оно игнорирует тот факт, что «золотой бум» 80-х годов прошлого столетия почти на 50% определялся так называемыми «юниорными» компаниями, разрабатывающими мелкие и средние высокорентабельные месторождения. Это только главные мифы. В действительности их больше.

Миф первый: золото нужно государству. Сравнительно недавно такое словосочетание вызвало бы, по меньшей мере, недоумение. Ведь золото символизировало богатство любой страны. На золоте «выросли» многие города — Сан-Франциско, Йоханнесбург, Сидней, Магадан и промышленные регионы с разветвленной инфраструктурой. Большинство, занимающееся проблемами золота в недрах, по-прежнему скажет, что государство заинтересовано в добыче золота, и будет правым и неправым одновременно. Чтобы разобраться в этом противоречии, обратимся к роли золота в недалеком прошлом.

Многие годы главной отличительной чертой золота было его монетарное значение. Золото функционировало как мировые деньги, являясь средством международных расчетов, перенесения стоимости из одной страны в другую. Денежная единица каждой страны представляла собой фиксированное законом количество золота. Поэтому многие годы государства накапливали золото в качестве национального богатства, имеющего максимально ликвидную форму,

*Полный вариант статьи опубликован в журнале «Колымские вести», 2003, № 22.

благодаря которой оно могло быть в любой момент использовано для международных платежей. Апофеозом монетарной роли золота в международной валютной системе, сложившейся после второй мировой войны, стала так называемая «бреттон-вудская» конференция, на которой был создан Международный валютный фонд и введены строгие правила поведения в валютной сфере, запрещающие правительствам изменять паритет валюты без согласия фонда и отменять ограничения обратимости валют. Золото объявлялось главной формой международных валютных резервов. Однако благодаря тому, что золотой запас США на тот момент составлял 70% резервов капиталистического мира (около 22 тыс. т в 1949 г.), фактически выходило, что был установлен не столько золотой, сколько золотодолларовый стандарт [1].

В дальнейшем активное проникновение американского капитала на рынки многих стран, особенно тех, кто пострадал от фашистской агрессии, и создание военных баз привели к тому, что эти страны, особенно Франция, постепенно накопили много долларов, которые стали свободно менять на американское золото. В результате в 1971 г. золотой запас США снизился до 8,6 тыс. т, и США в одностороннем порядке отменили размен долларов на золото для иностранных правительств и банков. Золотодолларовый стандарт перестал существовать.

В 1971–1973 гг. сформировалась современная валютная система, в которой золото как мера официальной стоимости валют вовсе исключено из системы, и ни одна валюта не размещается на него по твердому паритету. Цена на золото официально повысилась в 1971 г. с 35 до 38 дол. за унцию, в 1973 г. до 42 дол. Никакого реального значения эта цена не имела, поскольку на свободном рынке золото обращалось по своим ценам. Уже в конце 1974 г. она составляла 187 дол. за унцию, а в начале 80-х годов «зашкаливала» за 900 дол. Эпоха золотого стандарта закончилась. Возникла система плавающих валют, стоимость которых определяется экономическими факторами каждой страны, а золото превратилось в обыкновенный товар, свободно обращаемый на мировом рынке.

Практически все государства, кроме США, отдавая предпочтение валютам ведущих экономических держав, стали избавляться от запасов золота, периодически «выбрасывая» его на рынок. На неконтролируемый «сброс» золота центральными банками многих стран мировые валютные биржи реагировали иногда настолько

значительными снижениями котировок золота, что в 90-е годы вполне реальной стала угроза сильнейшего кризиса золотой промышленности. Многие мелкие компании по всему миру разорились. Чтобы остановить дальнейшее снижение котировок, во многих странах были приняты экстраординарные стабилизационные меры. В ЮАР, например, где добыча золота — главный фактор, формирующий бюджет, законом была принята весьма эффективная налоговая система, защищающая производителей золота, разрабатывающих сравнительно бедные месторождения. В 1999 г. Вашингтонским соглашением между центральными банками ведущих стран принята жесткая квота на продажу золота — 400 т ежегодно в течение пяти лет. Это остановило падение биржевых цен золота.

О месте и роли золота в социалистической экономике многие годы было мало что известно. Вернее, о том, что лежало «на поверхности», широко оповещали, кое о чем предпочитали умалчивать, но главные идеологические цели накопления золота были «за семью печатями». Мы знали, что золото стране нужно, и чем больше, тем лучше, но сколько — не знали. Видели, с каким старанием советское правительство пополняло государственные запасы золота, и в этой связи парадоксально звучал известный тезис вождя октябрьской революции об использовании золота для отхожих мест, уже реализованный султаном Брунея. Сегодня о целях накопления золота в советское время мы знаем гораздо больше.

Главная цель — использование золота в качестве платежного средства. Отставая от капиталистических стран в индустриальном развитии, мы покупали за золото машины, сложную аппаратуру, а «совершенствуя» социалистические формы сельского хозяйствования, — пшеницу и кукурузу. Многие помнят, как в конце 50-х годов СССР, закупив пшеницу, заплатил около 800 т золота. Но, несмотря на то что с 70-х годов золото перестало быть платежным средством и весь капиталистический мир перешел на оплату товаров конвертируемой валютой, интерес к золоту со стороны советского правительства не снизился, а, наоборот, повысился. Объяснение этому простое — рубль не конвертировался, экспортной выручки от продажи нефти и газа, хотя и значительной, все равно было недостаточно, а золото из-за огромной разницы между себестоимостью 5–10 руб./г и ценой золота на свободном рынке 20–30 дол./г стало чрезвычайно привлекательным экспортным продуктом.

Появилась реальная возможность резко повысить эффективность закупок иностранного оборудования.

Не вдаваясь в подробности сложных в прошлом соотношений рубля и доллара, эффективность этих сделок можно проиллюстрировать известным примером. Так, закупаемый мощный бульдозер фирмы Caterpillar, стоимостью около 200 тыс. дол., что соответствовало всего лишь 7–10 кг золота, обеспечивал добычу золота во много раз большую, чем за него заплатили. Мы хорошо помним, как, начиная с середины 70-х годов, интенсивно пополнялся парк землеройных машин на добыче золота из россыпей американскими, итальянскими и японскими бульдозерами и как сравнительно легко правительство стало повышать цену на золото в рублях, обеспечивая увеличение добычи золота любыми средствами.

Другая цель — пропагандистская. Многие годы советское государство было замкнутой страной, его рубль всегда оставался неконвертируемым, поэтому золотой паритет рубля, превышающий золотой паритет американского доллара, был очередной пропагандистской фикцией. И не для кого не секрет, что против официального курса 74 коп. за один доллар в 60-е годы в обиходе котировался курс 10 руб. за один доллар. Зато как радовались советские люди, выезжающие за рубеж, когда им, например, на 30 рублей выдавали иностранной валюты столько, что хватало на выпивку, дефицитный ширпотреб и подарки.

Коммунистической идеологией золоту придавалась еще и стратегическая роль в мировой системе социализма. Зародилась она в теоретических разработках о неизбежном крахе капитализма в эпоху устремлений к мировой революции и укрепилась после второй мировой войны, когда социалистический лагерь расширился благодаря вовлечению в него восточноевропейских государств и стран третьего мира, которым СССР предоставлял кредиты в виде вооружения и технической помощи. Предполагалось, что в условиях действия золотого стандарта «интервенция» социалистического золота на мировой финансовый рынок окончательно добьет финансовую систему капитализма. Это была утопия, но под нее копили золото. И в 1953 г. запасы его, несмотря на большие расходы в военное время и после, составляли уже более 2 тыс. т.

В настоящее время роль золота уже не та. Золотой паритет мировых валют и тем более рубля уже никого не интересует, идеологию коммуниз-

ма «сдали в архив», в мировой финансовой системе капитализма золото используется только как товар, а в качестве платежного средства выступают иностранные валюты. Но роль резервного валютного фонда государства, состоящего из запасов золота, алмазов, иностранной конвертируемой валюты и других финансовых активов, достаточно велика. Он нужен для подавления инфляционных ожиданий, для взаиморасчетов с иностранными государствами и для выплаты государственных долгов, которых у России множество. Пять лет назад резервный валютный фонд России составлял всего лишь около 8 млрд. дол., которых было, конечно же, недостаточно. Надо было чем-то его пополнять.

Был формальный выбор: чему отдать предпочтение — золоту, алмазам или долларам? Пользуясь монополией на покупку драгоценных металлов и камней и покупая у недропользователей весь объем добычи, государство могло пополнять резервный фонд золотом и алмазами (150 т золота на 1 млрд. дол. и алмазов на 2 млрд. дол. ежегодно). Но в этом случае государство должно было заботиться о недропользователях, взяв их «под крыло опеки», а это противоречило рыночным условиям хозяйствования и было шагом назад — в социализм. К тому же, вариант финансирования недропользователей, которых насчитывалось более 600, имел еще и высокие риски потери государственных кредитов, выдаваемых недропользователям для пополнения оборотных средств, закупки части оборудования, топлива и продовольствия. Выдавали кредиты и субъектам Российской Федерации для решения социально-экономических проблем регионов. Государственные кредиты выдавались либо в виде денежного аванса перед началом промыслового сезона, либо натуральным золотом, которое можно было продать или заложить, а полученные деньги использовать на приобретение техники и на пополнение оборотных средств. Известны примеры, когда недропользователи, имея лицензию на добычу золота из россыпей, умудрялись получать очень крупные авансы, буквально миллиарды неденоминированных рублей, после чего исчезали вместе с ними. Только с 1992 по 1996 гг. в счет «золотых кредитов» было выделено 42,6 т золота, из них вернули только малую часть. Должниками числятся четыре региона — Магаданская область, Чукотка, Якутия и Бурятия. Правительство дает этим регионам пять лет для ликвидации задолженности.

Все эти издержки переходного периода заставили российское правительство отдать предпочтение в формировании валютного фонда американским долларам, как наиболее ликвидной валюте, а ЦБ РФ нашел весьма эффективный способ их приобретения. Установив для российских экспортеров требование обязательной продажи валютной выручки, полученной от реализации за рубежом нефти, газа, цветных металлов, алмазов и других товаров (в разные годы в размере 50, 75 или 100%), ЦБ за пять лет увеличил резервный валютный фонд до 75 млрд. дол., более чем в 9 раз! Покупая валюту за рубли, которые ЦБ сам печатал, он увеличивал денежную массу рублей на рынке, способствуя инфляции, но это уже было меньшим злом, чем жить без валюты. Возникает вопрос: могла ли быть значительной роль золота в пополнении фонда? Ответ очевиден: в любом случае — нет! Ведь, чтобы заполнить хотя бы одну треть фонда золотом, надо было добывать его по 500–600 т ежегодно. А это для России — фантастика. Поэтому российское правительство полностью отказалось от финансовой поддержки золотодобывающей промышленности, пустив ее в «свободное плавание».

Предвосхищая возражение — дескать, доллар тоже, как всякая иностранная валюта, подвержен инфляции, заметим, что для паники нет оснований даже сейчас, когда евро впервые стало дороже доллара, а цена золота на мировом рынке подскочила с 280 до 410 дол. за унцию. Центральный банк около 10% долларов заменил евро, общество немного запаниковало, стали подсчитывать, насколько в одночасье уменьшились наши долларовые запасы, не угроза ли это возврату большого государственного долга. Но все вернется «на круги своя» благодаря тому, что американский капитал буквально пронизывает всю мировую экономику.

Таким образом, кто же и в какой мере в России заинтересован в развитии золотодобывающей промышленности? Государство, как видно, уже научилось обходиться без золота, но ему не безразлична судьба регионов, специализирующихся на золоте, таких как Магаданская область, в меньшей мере Чукотка, Якутия и некоторые другие. В стране много населенных пунктов, существующих только за счет добычи золота. Не будет возможности добывать золото — население многих поселков пополнит собой армию безработных, а регионы, для которых золото — основной продукт, просто придут в упа-

док. Государство столкнется с более крупными проблемами, чем поддержка золотой промышленности. Всех не переселить в центральные районы страны, как это делает сегодня чукотский губернатор для жителей округа. Не будучи заинтересованным в самом золоте, государство обязано способствовать сохранению и развитию золотой промышленности, как любой другой, слагающей российскую экономику. В этом то и заключается смысловая двойственность первого мифа.

Традиционно золото используется в электронной промышленности и производстве ювелирных изделий. Потребление золота в России ювелирными предприятиями сегодня более чем скромное, всего около 40 т в год, в то время как во всем мире около 3700 т (Италия 522 т, США 323 т, Индия 685 т, Китай 181 т). При этом российские жители не стремятся «смести золото» с прилавков ювелирных магазинов, а русские красавицы обвесить себя золотом, как афро-индийские народности, они хороши и без золота — это известно всему миру. Так что ждать значительного повышения спроса на ювелирные изделия у нас в стране не приходится. Есть вероятность повышения спроса на золото со стороны электронной промышленности для выполнения увеличившихся военных заказов, но, даже если производство военной промышленности Россия достигнет уровня периода социализма, что маловероятно, вся отечественная потребность в золоте в перспективе вряд ли превысит настоящий уровень его добычи. И можно считать, что ювелирная и электронная промышленности, имея невысокие потребности в золоте, удовлетворены «status-quo».

Выходит, наиболее заинтересованы в золоте сами недропользователи и сопряженные с ними службы, включая геологическую, особенно там, где золото является главным регионообразующим промышленным продуктом. Но возможности привлечения инвестиций для производства золота в рыночных условиях определяются качеством сырьевой базы. Рыночные условия предполагают обязательную прибыль и окупаемость капитальных вложений, и чем выше и быстрее, тем лучше. Чем больше прибыли даст разработка месторождения, тем выше интересы капитала и тем больше шансов привлечь потенциального инвестора. Для капитала такие понятия, как «социальная целесообразность» или нечто подобное, — пустой звук. В связи с этим, посмотрим, насколько же привлекательна наша сырьевая база золота.

Миф второй: в России имеется крупная сырьевая база золота. Весьма распространен миф о том, что в советское время была создана крупная минерально-сырьевая база, способная обеспечить значительное производство золота в России в ближайшей перспективе. Так говорили на парламентских слушаниях «О государственной стратегии развития золотодобывающей отрасли России» в апреле 1996 г., продолжают говорить и писать в настоящее время. Тогда же Роскомдрагмет, имея в виду «крупную базу», разработал проект Федеральной программы развития этой отрасли до 2000 г., предусматривающий увеличение добычи золота в 1,5 раза, для чего предполагалось построить 10 рудных карьеров и 23 новые обогатительные фабрики, вложив 5,47 млрд. дол. Программа с треском провалилась, и всю вину за это общество «свалило» на федеральное правительство и потенциальных инвесторов, отказавшихся вкладывать обозначенные выше средства. Почему федеральное правительство никак не среагировало на программу, рассказано выше — государство «изобрело» другой способ пополнять резервный валютный фонд, а вот почему также поступили российские и иностранные потенциальные инвесторы, проигнорировав «крупную базу», — это большой вопрос, на котором следует остановиться.

Поначалу, с момента провозглашения перехода на «рыночные рельсы», много иностранных компаний посетило Россию с намерениями успеть к «разделу пирога» и поучаствовать в разработке «крупной базы» золота. Разными путями они узнали все, что хотели о месторождениях коренного золота и районах развития россыпей, а через некоторое время под разными предложениями почти все покинули Россию. По распространенному мнению, ушедшие не были уверены в политической стабильности и потому, что не было законов о собственности на землю, праве вывоза продукции и преемственности между разведочной лицензией и лицензией на добычу, а существующая система налогов — «драконовская», чиновники поголовно коррумпированы. Все это действительно серьезно препятствовало развитию в России иностранного горнорудного бизнеса, привыкшего работать в капиталистическом правовом поле. Для широкой общественности такое объяснение было понятным и казалось вполне обоснованным, так что «за кадром» остались редкие примеры иного поведения иностранцев. Остались единицы, успешно работающие на условиях закона «О соглашениях о разделе продукции». И возникает

вопрос, только ли недоработки российского законодательства заставили многих уйти? Ведь, они не стали препятствием для тех, кто остался. Тогда, почему же?

А потому, что их не устроила сама по себе «крупная» сырьевая база золота России. А она уникальна по двум обстоятельствам: во-первых, своими природными особенностями и, во-вторых, тем, что создана советской системой хозяйствования. Главнейшая природная черта золотоносности недр России — обилие россыпей, благодаря чему они, как наиболее доступные и не требующие крупных вложений капитала, во все времена преобладали в добыче над другими типами месторождений. Золотодобывающая промышленность была ориентирована на освоение россыпей золота. За всю обозримую историю в России добыто около 12 тыс. т золота, в том числе около 10 тыс. т из россыпей. Сравнительная легкость их промышленного освоения способствовала тому, что все новые золотороссыпные районы, как бы далеко от транспортных артерий и в каких бы суровых климатических условиях они ни находились, в очень короткое время вовлекались в эксплуатацию. Россыпям не было альтернативы, пока осваивались новые территории. Но по мере того, как закрывались белые пятна на геологической карте, все громче звучал вопрос: а что же дальше? Ведь россыпи, залегающие в легко доступном приповерхностном слое литосферы, конечны. Об этом каждый раз напоминала и история добычи золота из россыпей в Австралии, США, Канаде. Под воздействием этих факторов уже в 70-х годах XX в. правительство стало выделять значительные средства на поиски и разведку коренных месторождений. В результате были открыты и разведаны крупные месторождения коренного золота в Сибири, на Дальнем Востоке, Северо-Востоке и Камчатке, но промышленное освоение главных из них так и не состоялось (о причинах поговорим ниже). Но золота требовалось все больше и больше, поэтому «давление» на россыпи не ослабевало, из них ежегодно добывали более 100 т.

Все это сформировало еще одну уникальную черту сырьевой базы золота России. На протяжении трех десятилетий соотношения главнейших промышленных типов месторождений золота, коренного и россыпного, в запасах и добыче диаметрально противоположны. Запасы коренного и россыпного золота соотносятся как 4:1, а добыча, наоборот, 1:4, с небольшими отклонениями в разные годы. Произошло это потому, что государство, с одной стороны, исходя

в своем решении из «не бесконечности» россыпей, тратило немалые средства, разведывая запасы коренного золота в недрах впрок, а практически «на полку», с другой стороны, не имея необходимых капиталов для промышленного освоения коренных месторождений, продолжало интенсивно разрабатывать россыпи золота. Ни одна страна в мире не имеет таких парадоксальных характеристик сырьевой базы золота, ибо никто не станет разведывать месторождение, не имея возможности его разрабатывать. Такого и в дореволюционной России не было. Сегодня мы наследуем издержки советского планирования и хозяйствования, что есть, то есть. Это соотношение характеризует данность сырьевой базы России — разведанных запасов коренного золота на государственном балансе в 4 раза больше, чем россыпного. И любому инвестору очень важно знать, какого качества стоящие на балансе разведанные запасы.

Подавляющее большинство месторождений коренного и россыпного золота, находящихся на государственном балансе, по разным причинам не привлекательны для инвестора. Что касается россыпей, то тут всем все понятно. Крупные, богатые и неглубоко залегающие россыпи, как было отмечено выше, отработывались буквально «с колес», не задерживаясь на балансе. Никакие, даже «драконовские» налоги периода перестройки, не препятствовали этому. На государственном учете остались россыпи, если целиковые, то в удаленных районах, бедные, на значительных глубинах и обводненные, если частично отработанные, то обесцененные селективной выемкой богатых участков. Экспертная оценка представительной группы таких россыпей, проведенная ЦНИГРИ в 1994–1995 гг. [3], показала, что 35–40% разведанных запасов не соответствуют существующим экономическим требованиям. По результатам той же оценки запасы коренного золота с рентабельностью менее 15% деликатно отнесены в разряд «пассивных». Авторы полагают, видимо, что когда-нибудь они будут осваиваться. Среди «активных» запасов коренного золота выделяются высокорентабельные. К ним относятся крупные месторождения Кубака в Магаданской области, Олимпиадинское (кора выветривания) в Красноярском крае, Покровское в Амурской области и ряд мелких. Все они давно эксплуатируются или подготавливаются к эксплуатации, а месторождение Кубака практически почти полностью отработано с участием иностранных и отечественных инвесторов, которых не испугали ни значи-

тельная удаленность, ни «драконовская» налоговая система, ни сомнения в нестабильности политического строя в России. Объяснение простое — эти месторождения по качеству руд соответствуют международным стандартам, а по некоторым позициям даже превосходят последние. Но таких запасов всего около 20% всех разведанных. К низкорентабельным, а по другим оценкам нерентабельным относятся крупнейшее месторождение Сухой Лог в Иркутской области, крупные Нежданинское и Ключос в Якутии, Олимпиадинское (первичные руды) в Красноярском крае, Зун-Холба в Бурятии, Майское на Чукотке, Наталкинское в Магаданской области и множество средних и мелких.

Существует весьма распространенная точка зрения, что российские реформы обесценили отечественную минерально-сырьевую базу, созданную в советское время. Смею заверить, что это в советское время была создана минерально-сырьевая база, которая сегодня не вписывается в мировые стандарты рыночной экономики. Не вдаваясь пока в структуру затрат на промышленное освоение месторождений, которые выше зарубежных хотя бы только из-за удаленности большинства из них от основных транспортных магистралей и суровых климатических условий в России, обратим внимание на соотношения средних содержаний в рудах, являющихся геологическим мериллом экономической эффективности. Так, в России более половины разведанных запасов месторождений коренного золота имеют средние содержания до 6 г/т, в то время как за рубежом более 60% разведанных запасов месторождений содержат в среднем более 10 г/т. Такую разницу никак нельзя поставить в вину рыночным реформам.

Почему же такое произошло, неужели отечественные недра по коренному золоту хуже зарубежных? В некотором роде хуже, поскольку у нас нет месторождений в докембрийских конгломератах типа Витватерсранд и зеленокаменных поясах типа Поркьюпайн, запасы которых составляют почти половину всех мировых запасов. Но сравнение не в нашу пользу и по другим типам месторождений, которые есть и там, и здесь. И выясняется, что различия-то имеют «рукотворную» природу и возникли из-за неодинаковых подходов к промышленной оценке месторождений. В советское время геологи и горняки руководствовались целым рядом инструктивных методик, утвержденных Госпланом СССР и ГКЗ СССР, обязательных для выполнения всеми организациями. Существовали требования по

срокам обеспеченности проектируемых предприятий разведанными запасами, соотношению запасов разных категорий, устанавливались нормативные уровни рентабельности для золота от 8 до 15%. На практике же допускались значительные отклонения от этих требований, в результате на балансе оказывались низкорентабельные запасы даже по социалистическим меркам хозяйствования.

Определенная роль в создании низкоэффективной сырьевой базы коренного золота принадлежит психологическому фактору, порожденному социалистическим плановым хозяйствованием. Геологическая продукция, месторождения и запасы в недрах, считались промышленной продукцией, поэтому для геологии, как и для всякой отрасли, правительство устанавливало ежегодные и пятилетние плановые показатели, главным из которых был прирост запасов промышленных категорий на каждую пятилетку. Ориентированная на рост потребления и рост народонаселения геология, восполняющая убыль запасов из недр и накапливающая запасы для увеличения добычи золота в перспективе, обязана была равномерно с нарастанием выпускать продукцию. По сути, геология, имеющая дело с недрами, была приравнена к любой другой отрасли промышленности, базирующейся на действующих предприятиях. Но этого делать было нельзя. Хорошо известно, что открытие любого месторождения носит вероятностный характер. А открытие месторождений с низкими природными концентрациями полезного ископаемого в рудах, к каким относятся редкометальные, золотые или алмазные, событие вообще маловероятное. И чем выше требования к качеству новых месторождений, тем ниже вероятность их находки. Естественно, бедные месторождения находили значительно чаще и в каждой пятилетке. Но если богатые месторождения не находили, у геологов не было другого выбора, кроме как браться за разведку любого потенциально промышленного месторождения, а вивший как «жупел» план по приросту запасов заставлял их оконтуривать рудные тела по более низкому бортовому содержанию, поскольку при этом разведанных запасов становилось больше.

В арсенал доказательства промышленной ценности бедных месторождений принималось все: минимальные сроки строительства предприятий и сооружений инфраструктуры, прогрессивные технологические схемы горных работ и обогащения и еще многое, что не было характерно для социализма, но служило идеологиче-

ским репером. Но главным аргументом была информация о том, что, дескать, руды с низкими содержаниями золота обрабатываются эффективно не только за рубежом, но и у нас, например, на Мурунтау в Узбекистане. Упускался из вида тот факт, что только организация образца «военного коммунизма» могла построить такое гигантское предприятие и успешно работать на бедных рудах. Против таких аргументов не могли устоять ни директивные, ни правительственные органы, и запасы по месторождениям с бедными рудами утверждали. Однако уже на стадии проектирования предприятий все расчеты «трещали по швам», а нехватка денежных средств после начала строительства и организационная неразбериха, царившая в советское время, сводили «на нет» все оптимистические расчеты геологов. В результате разведанные низкоэффективные месторождения коренного золота, которые не успели вовлечь в эксплуатацию в советское время, перешли в наследство России, не представляя экономического интереса для потенциальных инвесторов.

Было еще одно обстоятельство, которое проявилось только в условиях рыночной экономики и обесценило и без того низкорентабельные разведанные запасы золота. Речь идет о так называемой скрытой или подавленной инфляции, существовавшей в советское время. Инфляция — это процесс переполнения сферы обращения денежной массой сверх потребностей товарооборота, который вызывает обязательный рост товарных цен. Тогда говорили, что инфляции у нас нет, потому что, видите ли, цены на товары у нас стабильные. Скрытая инфляция в СССР существовала, будучи порожденной приоритетным развитием тяжелой промышленности, милитаризацией и выдачей невозвратных кредитов сельскому хозяйству. Проявлялась она в накоплении денежных средств у населения, что при низком предложении потребительских товаров приводило к жесточайшему дефициту на все товары, в том числе и на те, которые можно было использовать при строительстве новых золотодобывающих предприятий. Подавлялась инфляция замораживанием доходов и цен. Цены золота на потребительском рынке также были стабильны, росли они только в расчетах промышленных кондиций и с золотодобывающими предприятиями, на россыпном золоте быстрее, чем на коренном, но не в связи с признанием инфляции, а для пополнения государственной казны, так как при более высокой цене золота его добывали больше. И не для ко-

го в настоящее время не секрет, что члены правительства, ежегодно встречаясь с руководителями золотодобывающих предприятий, призывали их перевыполнять планы добычи «любой ценой», обещая ее компенсировать. Замораживание цен на товары и услуги привело к тому, что по мере роста цены золота, на государственный баланс ставились разведанные запасы все более и более худшего качества.

Инфляция давно уже признана неизбежным и постоянным элементом развития рыночной экономики. Проблема только в темпах инфляции и является ли она сбалансированной или несбалансированной. В капиталистическом мире во времена золотого паритета валют, фиксированной цены золота и роста цен, кроме кризисных периодов, постоянно возникала диспропорция в ценах золота и товарных ценах. Повышение уровня товарных цен вело к падению реального уровня цены золота, что приводило к ухудшению экономических условий золотодобычи. Добыча становилась убыточной и сокращалась во всех странах. И, наоборот, когда цена золота «догоняла» и тем более «перегоняла» выросшие товарные цены, создавались весьма благоприятные условия для роста добычи золота. Так случилось в 1980 году. Цена золота достигла 900 дол. за унцию, повысившись с учетом движения цен мировой торговли в 4 раза по сравнению с 1968 г. Это стимулировало беспрецедентный рост добычи золота во всем мире. Являясь во многом спекулятивной, в дальнейшем цена золота понизилась и стала адекватной несколько возросшему индексу мировых товарных цен. В результате индекс товарных цен и цена золота на мировом рынке к настоящему времени в кратности роста выровнялись, что знаменует наступление относительно постоянных условий разработки месторождений золота.

Рост цены золота адекватно росту товарных цен способствует тому, что в этот период промышленные кондиции остаются постоянными для однотипных месторождений. А что же произошло с российскими месторождениями после становления рыночных условий хозяйствования? В 1992 году, когда цена золота была приведена к мировому уровню, товарные цены, вырвавшись из «тисков социалистического плена», взлетели на такую высоту, что производственные затраты на разработку месторождений оказались по отношению к цене золота непропорционально возросшими. Поэтому большинство числящихся на государственном балансе запасов, и без того низкорентабельные, оказались

нерентабельными в существующих рыночных условиях.

Не только сырьевая база золота имеет низкое качество, таковое отмечается и по другим полезным ископаемым. Так, на Всероссийской конференции «Минерально-сырьевая база территории России и ее континентального шельфа в условиях глобализации мировой экономики» [4], прошедшей в феврале 2002 г., приводились сведения о том, что в отечественных месторождениях средние содержания главных полезных компонентов, как правило, значительно ниже, чем за рубежом. Например, свинца в 1,8–5 раз, цинка в 1,3–5 раз, меди в 1,2–1,5 раза [2]. Железные руды содержат 35% железа против 50% за рубежом, марганцевые — 20% марганца против 40–50%. Вследствие низкого качества и сложности технологии обогащения до 70% запасов титана вряд ли будут вовлечены в отработку в обозримом будущем. Сходное состояние отмечается и по редким металлам [4]. Многие месторождения находятся в удалении от основных транспортных магистралей и в суровых климатических условиях, что ложится дополнительным бременем затрат на низкосортные руды. В докладе Министерства природных ресурсов РФ констатируется сокращение разведанной сырьевой базы: доля условно-рентабельных запасов по большинству полезных ископаемых снизилась до 50% объема разведанных запасов [4]. Миф о «крупной» сырьевой базе рухнул.

Миф о богатстве недр России породил миф о том, что изъятие природной ренты при разработке месторождений полезных ископаемых обогатит Россию. Этот миф муслируется известным политическим деятелем, обещающим в случае принятия соответствующего закона ежегодные поступления в российский бюджет в размере 50 млрд. дол. При этом имеются в виду главным образом нефтяные и газовые месторождения, но подразумеваются и остальные виды полезных ископаемых, в том числе золото. С таким размером «золотого дождя» почти никто не согласен, но целесообразность природной ренты многими признается [4], хотя она весьма проблематична.

Природная рента — это та часть горной ренты (дохода), которая обусловлена природными качествами месторождения, обеспечивающими сверхнормативную прибыль при его разработке. Чем богаче месторождение, тем выше природная рента. Во многих странах с развитой горной промышленностью (подчеркиваю, развитой) и устоявшимся законодательством природная

рента изымается в пользу государства по праву его собственности на недра. К этому правилу все привыкли, и оно не препятствует росту добывающих отраслей промышленности. В бедных странах с развивающейся экономикой, как, например, в некоторых африканских странах, природная рента не изымается, а высокое качество месторождений служит главнейшим фактором привлечения иностранных инвестиций. Тем самым, устанавливается как бы приоритет инвестиций в страну над дополнительным налогом на прибыль. И, действительно, государство получает во много раз больше от притока инвестиций благодаря работе нового предприятия, ликвидирующего безработицу, создающего инфраструктуру и выплачивающего значительные суммы налога на прибыль от разработки богатого месторождения. Изымание же в пользу государства природной ренты сводит «на нет» для инвестора все высокие природные качества месторождения, которые в какой то мере служат страховкой от рисков, обусловленных политической и экономической нестабильностью в стране. Потенциальный инвестор начинает искать иные сферы приложения своей деятельности, понимая, что горнодобывающая промышленность к тому же — самая рискованная область для финансовых вложений.

Целесообразно ли для России изымание природной ренты в пользу государства? Сегодня идет широкая дискуссия по этому вопросу. Как показано выше, качество сырьевой базы благородных, цветных, черных и редких металлов оставляет желать лучшего, она и без изъятия природной ренты недостаточно привлекательна для инвесторов. А в виду того, что в России законодательная база рыночных отношений в горном деле только формируются, ее нельзя относить к

числу стран с устоявшейся экономикой, где оправдано изъятие природной ренты в пользу государства. Поэтому нецелесообразно лишать месторождения их экономической привлекательности в угоду призрачного дополнительного налога. Горнодобывающие предприятия нового типа только формируются в России, и надо им помочь развиваться хотя бы за счет капитализации той части прибыли, которая образуется благодаря природным характеристикам месторождений. К тому же, определение порога нормативной рентабельности будущего предприятия, включая нефте- и газодобывающие, — это еще одна кормушка для коррумпированных чиновников. Так что ответ однозначен — нет изъятию природной ренты в России в ближайшей перспективе!

О третьем мифе — исчерпани потенциала ресурсов золота россыпей — неразрывно связанном с рассмотренными мифами, поговорим в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аникин А.В.* Золото. — М.: Международные отношения, 1988.
2. *Карпенко И.А., Мигачев И.Ф., Петраш Н.Г.* Проблемы использования минерально-сырьевой базы никеля, меди, свинца и цинка Российской Федерации в условиях рынка // Отечественная геология. 1997. № 2.
3. *Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Вартамян С.С.* Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. Мир и Россия. — М.: ЦНИГРИ, 1998.
4. *Материалы Всероссийской конференции «Минерально-сырьевая база территории России и ее континентального шельфа в условиях глобализации мировой экономики (5–7 февраля 2002 г.)»* // Отечественная геология. 2002. № 2; Руды и металлы. 2002. № 3.

УДК 553.411

© М.М.Константинов, 2004

КОНВЕКЦИОННЫЕ ЗОЛОТОНОСНЫЕ СИСТЕМЫ

М.М.Константинов (ЦНИГРИ МПР России)

Охарактеризованы особенности конвекционных золотоносных систем: глубинно-океанических, экзогенных, вулканогенных и др. Обоснована возможность формирования амагматических конвекционных золотоносных систем.

Понятие конвекционной рудообразующей системы широко вошло в рудную геологию в связи с детальным исследованием рудных скоплений на дне морских и океанических бассейнов в 70-х годах прошлого века. До этого отечественные геологи, изучавшие гидротермальные месторождения, в том числе золотые, довольствовались известным высказыванием академика А.Г.Бетехтина о «засосе» концом растущей трещины глубинного бассейна под влиянием разницы в давлениях постмагматических флюидов, проникающих в эту трещину и кристаллизующихся по мере падения давления и температуры. Конвекционная модель рудоотложения на дне океана привлекательна, прежде всего, тем, что для изучения доступны все ее компоненты (рис. 1): источники тепла, флюида (морская вода), рудного вещества (базальты) и продукты ее деятельности — сульфидные скопления.

Применительно к геологии золота конвекционные рудообразующие системы разнообразны и широко распространены, существенно различаясь по масштабу, глубинности и стилю этого процесса [3].

В статье использовались труды наших коллег — монография А.И.Кривцова «Прикладная металлогения» [6] и небольшая, но содержательная книга Б.Я.Вихтера «Золото в современных геологических процессах» [2], в которых достаточно полно рассматривалась данная проблема.

Все разнообразие конвекционных золотоносных систем можно представить следующими группами: золотоносные латериты, «белые курильщички», современные геотермальные системы, поствулканическая конвекция, постплутоническая конвекция, амагматическая конвекция (осадочные бассейны с терригенным заполнением).

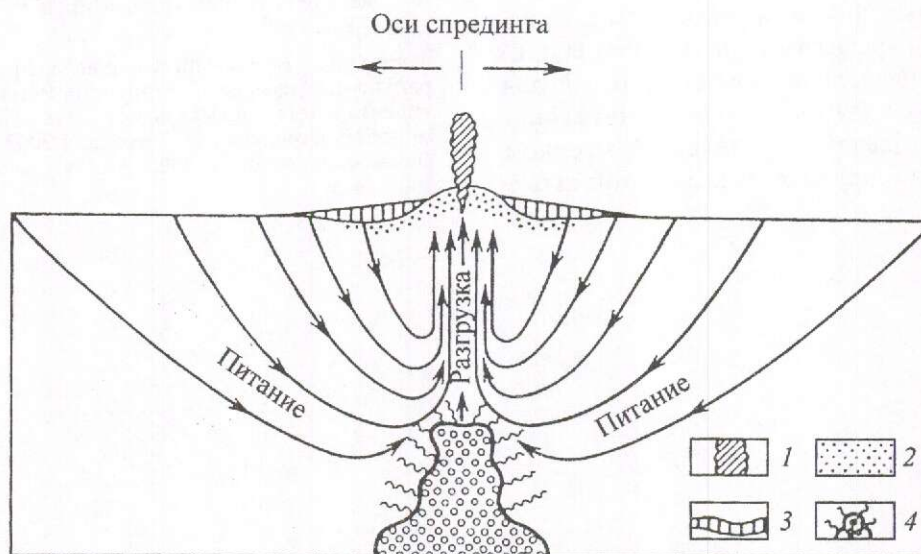


Рис. 1. Конвекционная модель рудообразования на дне океанических впадин, по [8]:

1 — курильщички; 2 — массивные сульфиды; 3 — оксиды; 4 — магматический источник тепла

Золотоносные латериты. Во многих странах, в первую очередь в Бразилии и Австралии, латеритные коры выветривания стали важным источником добычи золота. Изучение минералогии латеритного профиля месторождения Ниламбур в Южной Индии [12] позволило установить наличие в латеритном профиле пылевидных частиц, зерен и даже самородков золота, возникших в результате процессов окисления и конвекции. Морфологические особенности гипергенных образований свидетельствуют о химическом растворении, миграции и переотложении золота в низкотемпературных растворах (рис. 2). Зерна золота в верхней зоне коры выветривания имеют форму, близкую к сферической, с многочисленными коррозионными ямками (рис. 3), а на более низких уровнях они неправильные и менее корродированные. Текстуры, подобные нитевидным, дендритовым и пористым, «лепестки» или слои вторичного золота на первичных зернах свидетельствуют о наличии новообразований золота. Развитие в зоне гипергенеза кислых растворов и дальнейшее их просачивание в более глубокие горизонты привело к разрушению содержащегося в этих горизонтах золотоносного пирита и переводу золота в раствор в виде бисульфидных или хлоридных комплексов. Далее по системе капилляров вновь образованные золотоносные растворы поднима-

лись вверх до кислородного барьера, по достижении которого происходило их разрушение и выделение вторичного золота в виде пыли, пленок на первичном золоте и дендритах. Возможно, установленный на этом месторождении конвекционный механизм миграции золота имеет значительно более широкое распространение в зоне окисления сульфидных месторождений, применительно к той или иной конкретной обстановке.

«Белые курильщики». Под таким названием условно выделяется группа глубинных морских сульфидных образований с повышенными содержаниями барита и кремнезема по периферии сульфидных построек и повышенными концентрациями золота и особенно серебра.

В обогащенной золотом постройке вблизи поднятия Франклин (острова Папуа, Новая Гвинея) [10] общий объем гидротермальных пиков и насыпей Fe-Mn-Si-оксидов превышает по мощности несколько метров и составляет 100–200 м по простиранию. Подобные постройки широко распространены на глубинах 2,143–2,366 м вблизи поднятия Франклин, представляющего собой субмаринный базальт-андезитовый вулкан с редкими залежами натровых риолитов, локализованных вблизи западных окончаний оси спрединга дна моря бассейна Вудларк. Некоторые каналы с простиранием 20–30°, содержат слабо-

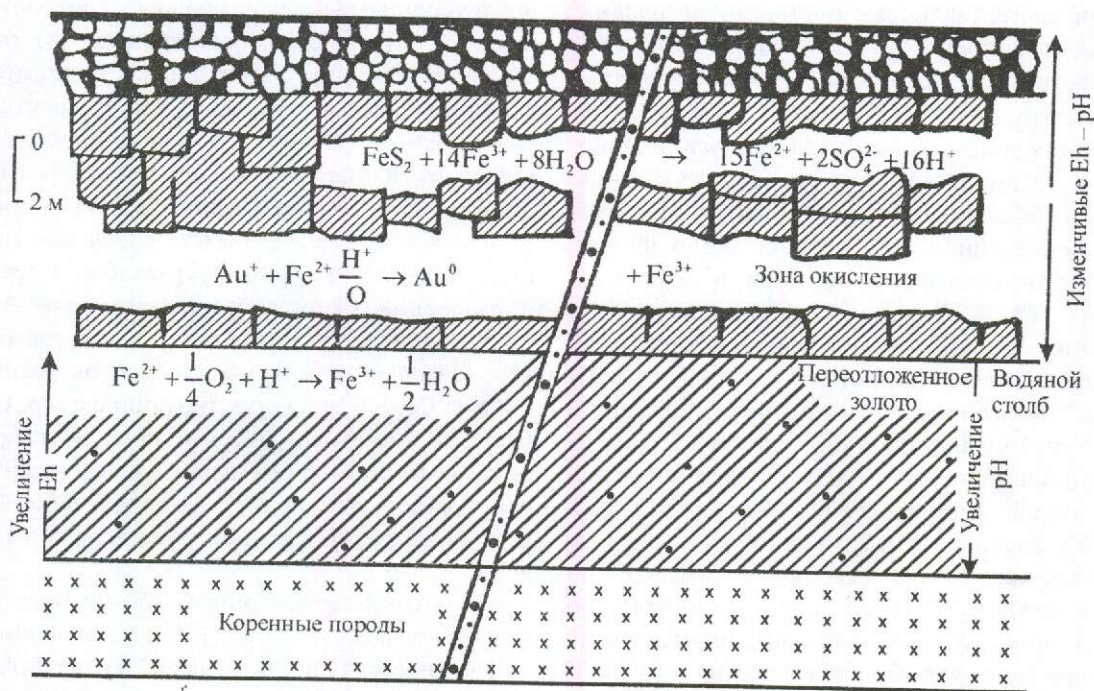


Рис. 2. Модель химических реакций, определяющих растворение, миграцию и переотложение золота в латеритном профиле выветривания месторождения Ниламбур, по [12]

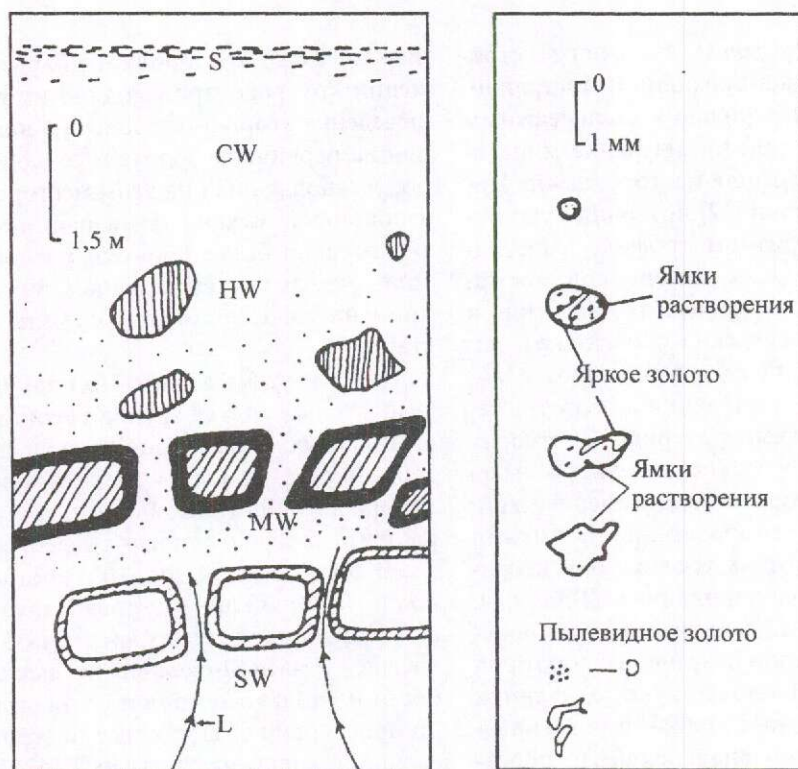


Рис. 3. Характеристика латеритного профиля выветривания месторождения Ниламбур, по [12]:

горизонты: слабо выветрелые (SW), умеренно выветрелые (MW), сильно выветрелые (HW), полностью выветрелые (CW), почвенные (S); L — зоны лимонитизации

кислый чистый флюид с цветными металлами. Флюид представлен смесью морской воды и конечных гидротерм, имеющих в месте излияния температуру 270–350°C.

Состав конечного флюида аналогичен такому в срединно-океанических черных курильщиках, не обедненных серой. Некоторые из продуктов окисления имеют возраст около 200 лет, а месторождения формировались в период закрытых стадий вулканической деятельности, в основном после образования взрывной кальдеры на вершине морского поднятия. «Отмершие» богатые золотом барит-кремнистые каналы с вкрапленностью сульфидов размещаются на вершине кальдеры. Аналогичные образования могут подстилать Fe-Mn-Si-отложения, состоящие главным образом из кремнесодержащих железистых оксид-гидроксидных фаз. Вблизи действующих каналов фауна не найдена, однако микроструктура слагающих их отложений подтверждает, что биогенетические процессы могли играть важную роль на ранних стадиях накопления. Кремнистые волокна, вероятно, микробиологического происхождения пронизыва-

ют первичные гидротермальные Fe-оксид-гидроксида. Ярко-зеленый контронит, кристаллизовавшийся во внутренних линзах и прожилках, сформировался в участках, где относительно разбавленные флюиды достигали верхних границ залежей. Оксиды марганца замещают и выполняют пустотки во внешних частях гидротермальных сооружений. Вместе с железом марганец отложился в черных корках более древних образований. Сопутствующие элементы Al, Ti, Cr и Zn соответствуют составу базальтовых стекол. Из гидротермальных элементов распространены Co, Ni, Mo, коррелирующие с Mn. Отмечаются аномальные содержания As, Sb и Hg. Как показывают набор редкоземельных элементов и отношение изотопов Sr, в их образовании большую роль в качестве источника играла морская вода.

Баритовые отложения особенно богаты Ag (до 545 г/т) и Au (до 21 г/т) и содержат значительные количества Zn, Cu, а также Pb (галенит, реже церуссит). Серебро залегает во вкрапленных сфероидальных пиритах и в звездчатых коллоидальных образованиях, особенно в субмикроскопиче-

ческих выделениях сульфоселей Sb. Размер включений золота не определен. Учитывая особенности флюидных включений, флюиды имели умеренные температуры (184–244°C) и несколько повышенную соленость по сравнению с морской водой (3,4–5,8% NaCl-экв.).

Массивных залежей сульфидов не обнаружено. Химизм флюидов позволяет предполагать, что штокверк сульфидов, возможно, находится в основании вулканического сооружения. В целом гидротермальная деятельность ассоциирует с

систем, рудообразование как процесс тепло- и массопереноса через земную кору. Базируясь на сведениях о современных геотермальных системах, исследователь приводит конвекционную модель движения растворов, данные по температурам и количеству переносимого растворами вещества детально изученной геотермальной системы Новой Зеландии (рис. 4). Главными физическими факторами таких систем являются источник тепла, наличие областей питания и разгрузки, повторная циркуляция вод.

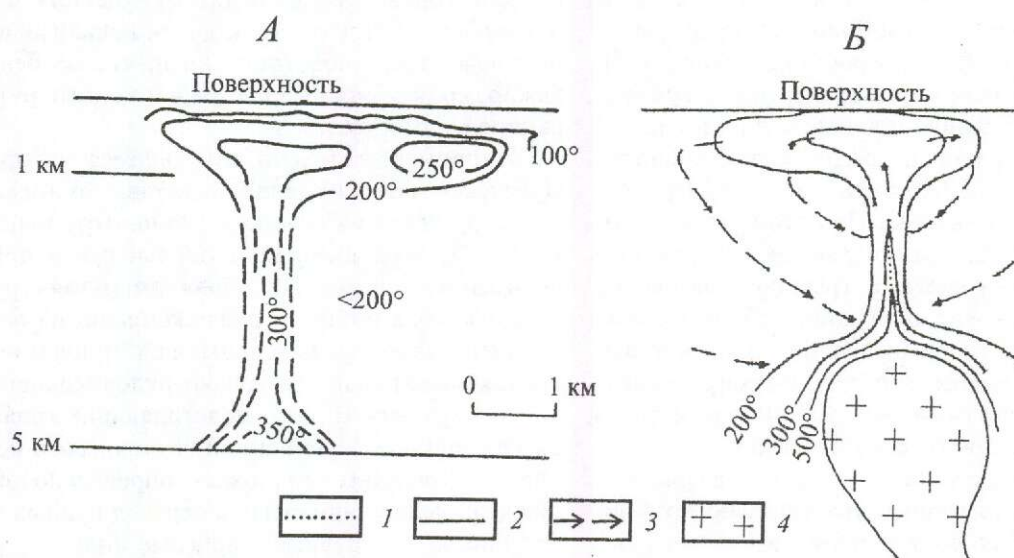


Рис. 4. Распределение изотерм геотермальной системы Вайраки, Новая Зеландия (А) и обобщенная модель геотермальной системы (Б), по [9]:

1 — область рудоотложения; 2 — изотермы; 3 — направления тока флюида; 4 — интрузия (источник тепла)

субмаринным вулканизмом, сопровождающим аккреционный спрединг, распространяющийся на обрамляющий море континент, где могут находиться более древние аналоги этого процесса. Подобные обогащенные золотом и серебром образования установлены и в других подводных рудных скоплениях.

Современные геотермальные системы. Механизмы конвекционного рудоотложения рассмотрены в ряде работ, посвященных созданию общих моделей процесса рудообразования. Р. Хенли предложил конвекционную гидродинамическую модель рудообразования в трещинных структурах [9]. Гидротермальные рудные месторождения, возникшие из длительно циркулировавших водных растворов, он рассматривал как окаменевшие реликты древних геотермальных

Р.Хенли применил конвекционную модель для объяснения условий формирования золоторудных месторождений, приуроченных к зонам расланцевания в зеленокаменных толщах. По его предположению, источником золота были вмещающие породы. Для обоснования этого приводится расчет количества флюидов и ряда других параметров, необходимых для формирования руд по этой модели. Показано растекание потока растворов вблизи поверхности и образование вдоль нее резко сужающейся на глубине около 1 км полосы изотерм. Распределение изотерм имеет, таким образом, в разрезе характерную грибообразную форму, аналогичную формам инъекций, которые были в свое время получены на центрифуге Х.Рамбергом. Видимо, общность этих форм обусловлена резким изменени-

ем соотношений литостатической нагрузки и давления инъекционного вещества в приповерхностной зоне.

Форма изотерм предопределяет, вероятно, характерное для многих, особенно малоглубинных, месторождений олова, золота и других металлов наличие непротяженного по вертикали интервала отложения богатых руд ниже уровня доминерализационной поверхности, распадающегося на отдельные компактные «струи» на глубине. В этой связи нами были исследованы условия возникновения разрывов в имитирующем столбе пород образце глины, который находится в условиях литостатического и осевого сжатия и имеет возможность свободного расширения только в одну сторону дневной поверхности [5]. При осевом сжатии заложение трещин двух систем скола произошло одновременно по всему объему породы, а их раскрытие носило волнообразный характер и шло от свободной поверхности образца к основанию. При этом у самой поверхности образца сохранилась небольшая (шириной около 5 мм) каемка, трещинообразование в которой вообще не происходило, близлежащие крупные трещины расщеплялись, а мелкие выклинивались. Таким образом, формирующиеся трещины как бы сами себя экранировали полусой материала пластического течения.

В природных условиях переход разрывной деформации в пластическую, согласно коэффициентам подобия, должен происходить на глубине 100–500 м, возможно, в интервале рассеивания гидротерм вдоль такой зоны. Как следствие образуются полого ориентированные поля изотерм. В том же интервале, возможно, происходит формирование эксплозий, весьма характерных для многих малоглубинных месторождений.

На выходе горячих источников на поверхность образуются опалиты с содержанием Au до 50 г/т.

Поствулканическая конвекция. Многие исследователи намечают как бы непрерывный ряд от современных геотермальных систем к вулканогенному гидротермальному рудообразованию, особенно для золото-серебряной рудной формации. Признавая такие построения вполне правомочными, следует иметь в виду, что данные абсолютной геохронологии достаточно определенно свидетельствуют о значительном (в несколько миллионов лет) временном разрыве между становлением поздних «рудноносных» субвулканов и собственно оруденением. Это обстоятельство необходимо учитывать при рассмотрении конвекционной поствулканической систе-

мы (рис. 5), включающей максимально возможный набор типов золоторудных месторождений. Вероятно, подобные конвекционные модели имели достаточно длительную, в десятки миллионов лет, эволюцию, в которой могли участвовать различные магматические и рудные образования.

Ранее нами было показано, что золоторудные месторождения формируются либо в участках поднятий в пределах депрессионных структур (Центральный блок Балейского грабена), либо в участках опусканий в пределах поднятий (вулканотектонический грабен Многовершинного месторождения в пределах Сводового поднятия). Такие структуры, видимо, локализовали не только трещиноватость, но и, что особенно важно, конвекционные системы и концентрированное рудоотложение.

Например, детально изучавшееся автором Дукатское месторождение представлено локальной депрессией на склоне вулканотектонического поднятия, ограниченной продольными и поперечными разломами. Подобная замкнутая структура была благоприятна для накопления и последующей конвекции метеорных вод, причем конвекция захватывала не только рудовмещающие кислые вулканиты, но и подстилающие триасовые алевролиты и песчаники верхоянского комплекса. Последнее, возможно, определило обилие кварца в рудных телах и переход рудных тел с глубиной в безрудные кварцевые жилы.

Постплутоническая конвекция. При наличии во многих регионах устойчивых связей интрузивного магматизма и золотого оруденения, составлявших «идейную платформу» не одного поколения геологов, реальные соотношения магматизма и оруденения достаточно сложны для интерпретации. Так, в Центрально-Колымском регионе есть месторождения, руды которых заключены в разломах, пересекающих интрузивы. В то же время, существуют убедительно доказанные явления метаморфизма руд в эндоконтактовой части плутонов.

Автором была предложена модель, в которой сделана попытка учесть длительность эволюции магматизма и оруденения [4]. В основу модели эндогенного рудообразования положено три исходных представления: формирование гидротермальных рудообразующих растворов как активизированных артезианских систем (М.М.Константинов, 1961); энергетическая концепция эндогенного рудообразования (В.И.Смирнов [7]); динамический режим формирования золоторудных месторождений.

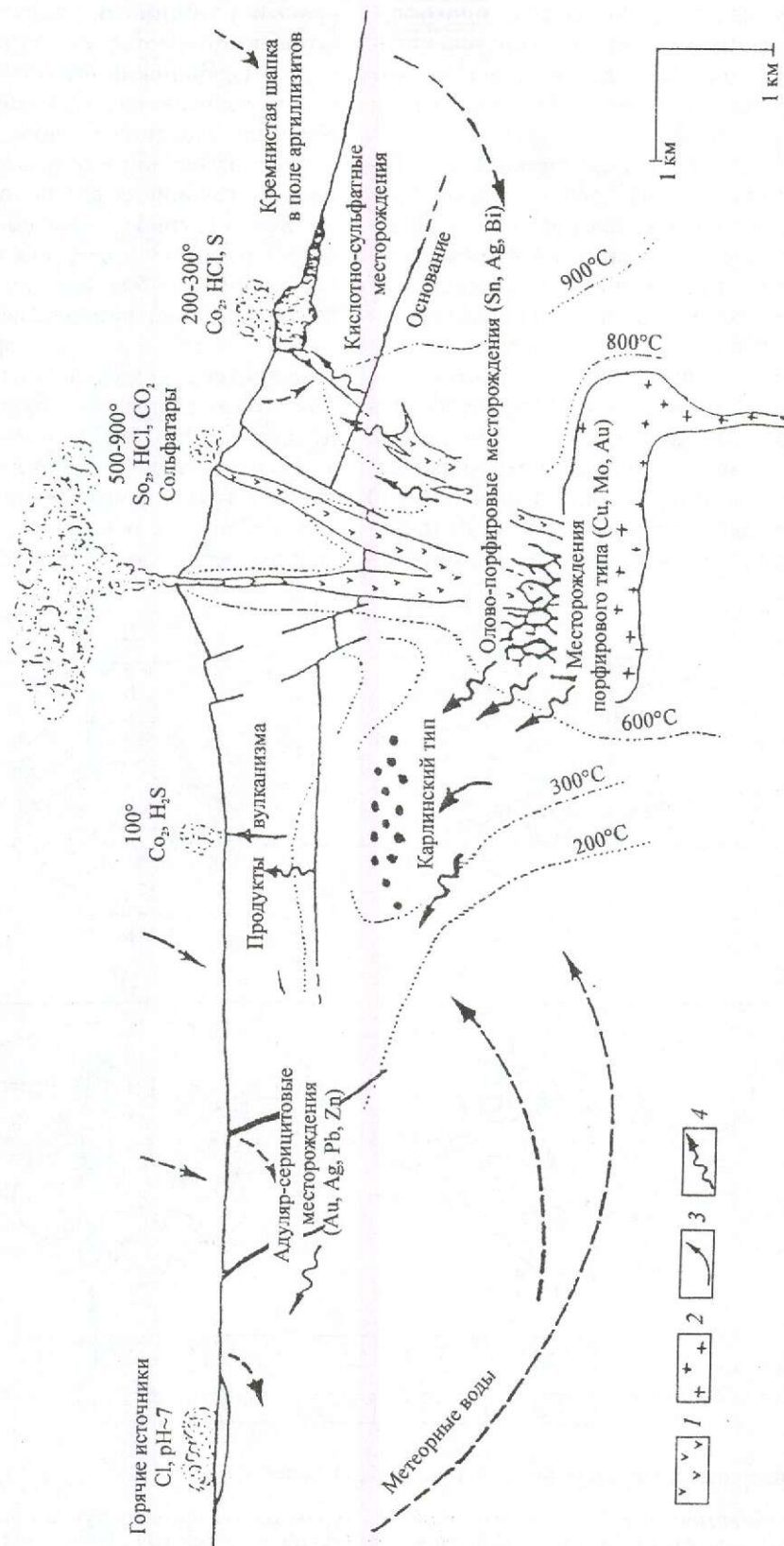


Рис. 5. Конвекционная модель вулканогенного рудообразования, по [11]:

1 — вулканические породы; 2 — плутонические породы; 3 — потоки флюидов; 4 — паровые потоки

Учитывая данные о длительном формировании глубинного теплового потока, многофазном формировании руд и становлении магматических образований, модель включает четыре основных периода формирования магматизма и оруденения (рис. 6).

Первый период (домагматический) — активизация метеорных вод на фронте теплового потока, вовлечение их в конвекцию и отложение ранних золотоносных ассоциаций в ареале геотермальной системы. Оценить баланс экстрагированного из боковых пород и привнесенного глубинными флюидами металла на современном уровне изучения не представляется возможным. Минерализация раннего этапа характеризуется золото-кварцевыми убогосульфидными рудами с крупным золотом или прожилково-вкрапленными сульфидными (арсенопирит-пиритовыми) рудами с тонкодисперсным золотом. Источником кремнезема для кварцевых жил служили бо-

ковые породы; сера по данным изотопии в основном глубинного происхождения; мышьяк может иметь двойственную природу — привноситься глубинными флюидами или заимствоваться из первично обогащенных горизонтов. Изучение изотопии кислорода обычно говорит о его образовании в результате смешения метеорных и глубинных растворов.

Второй период — формирование гранитоидного магматического очага на границе раздела структурных этажей и внедрение магмы, сопровождающееся возникновением зоны экзоконтактовых роговиков и метаморфизмом ранее образовавшихся рудных тел. Подобные соотношения доказываются прямыми геологическими наблюдениями, данными о метаморфизме золота, кварца и сульфидов ранних этапов рудообразования, а также определениями абсолютного возраста. Согласно последним, гранитоидный магматизм несколько запаздывает во времени по

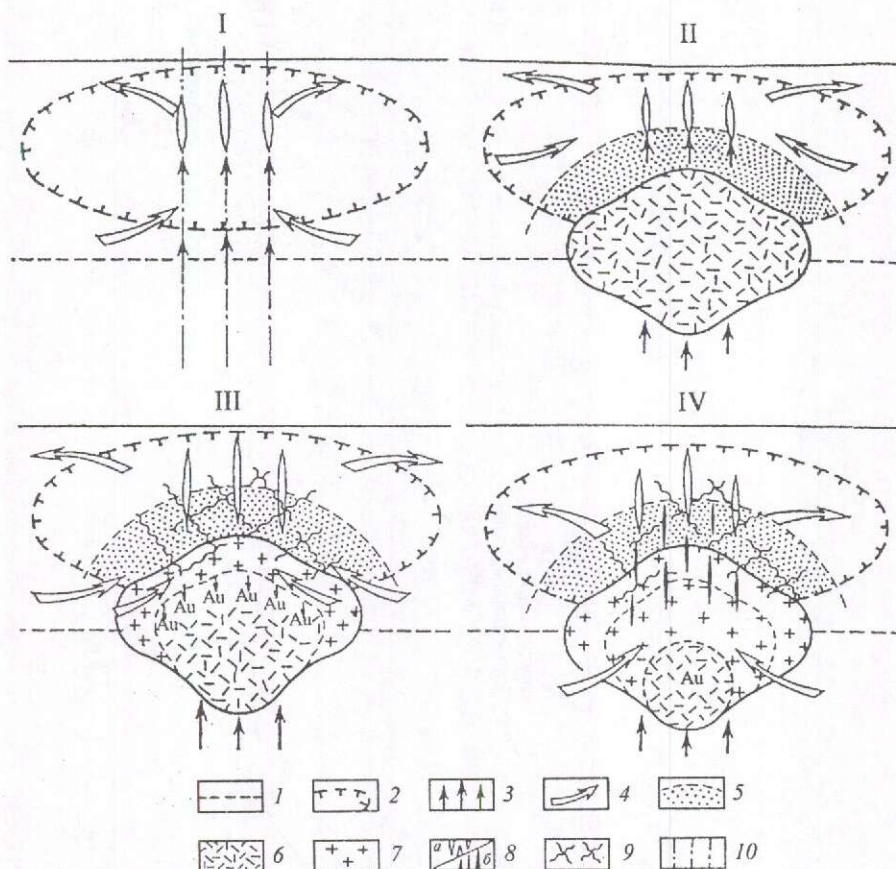


Рис. 6. Конвекционная модель плутогенного рудообразования, по [4]:

I-IV — этапы развития рудообразующей системы; 1 — граница раздела структурных этажей; 2 — область рудоотложения; 3 — поток глубинных флюидов; 4 — конвекционная геотермальная система; 5 — зона экзоконтактовых роговиков; 6 — магматический расплав; 7 — раскристаллизованная часть плутона; 8 — золоторудные зоны раннего (а) и позднего (б) этапов; 9 — комплекс даек формации малых интрузий; 10 — зона тектонических дислокаций

отношению к золото-кварцевому оруденению, которое пространственно ассоциирует с экзо-контактовой зоной гранитоидов. В случае ассимиляции магмой первично обогащенных золотом горизонтов возможно формирование новых рудных тел, обычно небольших по масштабам, непосредственно связанных со становлением гранитоидного плутона.

Третий период — формирование пестрого комплекса даек формации «малых интрузий». В свете предлагаемой модели наиболее вероятны плавление базальтового субстрата на более глубоких уровнях эндотермического потока, «подток» базальтовой магмы на верхние горизонты, смещение магм с образованием сложных неравновесных систем или вскрытие автономных очагов основного магматизма. В период частичной кристаллизации и расслоения магмы при динамическом режиме на кремнисто-алюминиевую и железисто-магниеую фазы, очевидно, происходит обогащение последней золотом, чем определяется отчетливая геохимическая специализация дайкового комплекса на золото.

Четвертый период сопровождается дальнейшей кристаллизацией магмы и остыванием плутона с проникновением в его раскристаллизовавшиеся части конвективной геотермальной системы. Ею вскрываются остаточные, наиболее обогащенные золотом придонные части магматической камеры, в результате чего формируется последайковый золото-сульфидно-кварцевый минеральный комплекс, характеризующийся на-

иболее сложным минеральным составом и разнообразием парагенезисов золота.

Конкретные геодинамические системы могут прекращать развитие на ранних периодах или выключать один из них, поэтому предлагаемая модель не является универсальной, а описывает наиболее полное развитие периодов рудообразования в соответствии с названными выше исходными постулатами.

Амагматическая конвекция. Возможность развития гигантских амагматических конвекционных золотоносных систем вытекает из построений Н.П.Аникеева и др. [1] по Колымской золотоносной провинции. Верхоянский терригенный комплекс — это огромные по мощности (до 15–18 км) толщи песчано-глинистых пород, формировавшиеся с каменноугольного до юрского времени, захватывающие территорию всего северо-востока России, включая Якутию. Анализируя связь золотоносности бассейна р. Колымы с развитием верхоянского комплекса, Н.П.Аникеев и др. [1] опытным путем показали существование наиболее продуктивных оптимальных мощностей верхоянского комплекса порядка 6–8 км. На территориях, где мощность комплекса значительно меньше или больше, продуктивность (количество добытого золота) резко падает (рис. 7).

На оптимальных для рудоотложения глубинах решающее значение, вероятно, приобретает палеотемпературный градиент; нижняя граница осадочной толщи примерно совпадает с крити-

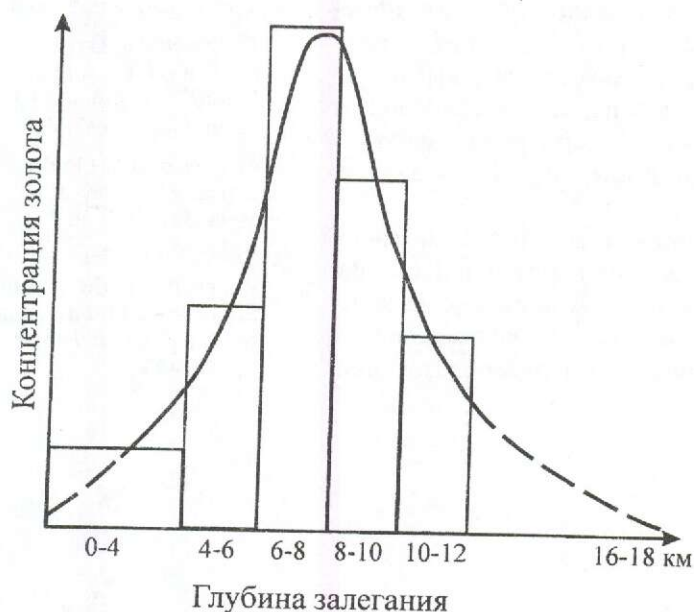


Рис. 7. График изменения концентраций золотоносности в зависимости от глубины залегания основания верхоянского комплекса, по [1]

ческой точкой воды 374°C, выше которой последняя сохраняется только в парообразном состоянии. Для древних стабильных и «холодных» областей, как например древний щит Кольского полуострова, где пробурена сверхглубокая скважина, палеотемпературный градиент составляет 1,1–1,6°C на 100 м. Для современных областей активного вулканизма этот градиент достигает 10 и даже 100°C на 100 м углубки. Для Колымского района, представлявшего собой длительно существовавший пологий прогиб, температурный градиент оценивается в 3–5°C. При таком расчете глубина прогиба в 6–8 км, которой отвечает максимальная продуктивность, совпадает с критической температурой воды. При достижении в осадочном бассейне «критических» мощностей, когда нижняя кромка бассейна примерно совпадает с критической точкой воды, возникает конвекционная система. Находящаяся под большим давлением паровая фаза поднимается вверх по системе пор и капилляров, а ей на смену поступают поровые и трещинные воды из верхних горизонтов. Кремнезем вмещающих пород экстрагируется в форме кремнистой кислоты (H_2SiO_3), которая, в свою очередь, обладает способностью растворять золото и транспортировать на верхние уровни в сферу рудоотложения.

В данном случае мы сознательно генерализуем значительно более сложный природный процесс.

Длительность и полицикличность этой системы в сочетании с плавлением субстрата по зонам глубинных разломов и становлением гранитоидов, вероятно, определяет те сложные и противоречивые соотношения, которые возникают в локальных участках земной коры и имеют непосредственное отношение к процессам рудообразования.

Итак, конвекционные золотоносные системы формируются в земной коре в широком диапазоне глубин от нескольких метров до нескольких километров. При этом для значительной части золота, участвующего в рудообразовании,

источником служат объемы пород, в первую очередь терригенных и вулканических, вовлекаемых в процессы конвекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникеев Н.П., Биркис А.П., Дробкин И.Е., Куклин А.П. Основные закономерности размещения месторождений золота в юго-восточной части Главного золотоносного пояса Северо-Востока СССР // Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., 1966. С. 152–166.
2. Вихтер Б.Я. Золото в современных геологических процессах. – М.: Недра, 1993.
3. Константинов М.М. Схема формирования рудообразующих гидротермальных растворов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. Т. 27. Вып. 1. С. 95–98.
4. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. – М.: Недра, 1999.
5. Константинов М.М. О глубинах формирования рудных месторождений // Руды и металлы. 2001. № 6. С. 53–56.
6. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
7. Смирнов В.И. Энергетические основы постмагматического рудообразования // Геология рудных месторождений. 1981. Т. 23. № 1. С. 5–7.
8. Bishoff J.L. Sea-Floor massive sulfide deposits from 21° N, East Pacific Rise, Juan de Fuca Ridge: bulk chemical composition and economic implications // Econ. Geol. 1983. Vol. 78. № 8.
9. Henley R.W. Some fluid dynamics and ore genesis // Trans. Inst. Mining and Met. 1973. В. 82.
10. Hydrothermal Oxide and Gold-Rich Sulfate Deposits of Franklin Scamont, Western Woodlark Basin, Papua New Guinea / R.A.Binns, S.D.Scott et. al. // Econ. Geol. 1993. Vol. 88. P. 2122–2153.
11. Marcoux Eric. Gold and volcanoes: epithermal gold deposits, a review // C.R. Acad. Sci. Ser. 2. Fass. A. 1995. 321. № 9. P. 723–735.
12. Santoch M., Omana P.K. and Masuru Yoshida. Gold grains in laterite weathering profiles of Nilambur, South India and a model for the genesis of supergene gold deposits // J. Min. Petr. Econ. Geol. 85. 1990. P. 416–423.

УДК 533.411 (574)

© М.С.Рафаилович, 2004

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА КАЗАХСТАНА**М.С.Рафаилович (НИИ природных ресурсов ЮГГЕО, Республика Казахстан)**

Недра Казахстана характеризуются разнообразным спектром нетрадиционных источников золота. Первоочередными объектами металлогенического анализа и прогноза являются районы с прогнозируемыми золото-сульфидными и золото-кварцевыми рудами в углеродсодержащих толщах R_3-V и PZ_1 возраста, комбинированным эпитегрмально-мезотермальным Au-Cu типом Лепанто-FSE, эпитегрмальным золото-серебро-адуляр-кварцевым и золото-кварц-аргиллизитовым оруденением и золото-бокситоносными корами выветривания. Прогнозируемые нетрадиционные месторождения рассматриваются как резерв золотодобывающей отрасли, фундамент ее будущей стабильности и воспроизводства.

Основу золотодобывающей промышленности Казахстана составляют три традиционных класса месторождений: эндогенный собственно золотой, эндогенный комплексный золотосодержащий и экзогенный золотоносных кор выветривания. В первом классе доминируют мезотермальные типы руд: золото-сульфидно-кварцевый жильный (месторождения Акбакай, Бестюбе, Жолымбет) и золото-сульфидно-кварцевый штокверковый (Васильковское, Юбилейное). Во втором классе лидирует золото-колчеданно-полиметаллический рудноалтайский тип (Риддер-Сокольное, Тишинское, Зыряновское и другие месторождения, 50–60% валовой золотодобычи). В последние годы важный коммерческий интерес приобрели золотоносные коры выветривания (Суздальское, Жанан, Мукур). Остановимся на нетрадиционных месторождениях золота — ближайшем и надежном резерве добывающей отрасли.

Проблему нетрадиционных месторождений золота (НМЗ) целесообразно рассматривать в двух аспектах: прогноз месторождений, разрабатываемых за рубежом, но пока не выявленных в Казахстане; предсказание известных типов месторождений в необычной для них геологической обстановке.

Золото-сульфидный и золото-кварцевый типы в углеродсодержащих толщах докембрийского (R_3-V) и раннепалеозойского возраста. Эталоном этих типов являются разрабатываемые гигантские месторождения золота Кумтор в Кыргызстане (вмещающая среда — джетымтауская свита R_3-V) и Мурунтау в Узбекистане (пестрый бесапан O_3-S_1). К казахстанскому аналогу черносланцевого типа, залегающему на нижне-среднекаменноугольном стратоуровне, относит-

ся очень крупное законсервированное золото-сульфидное месторождение Бакырчик.

Золоторудные гиганты Кумтор, Мурунтау и Бакырчик обладают выраженными признаками сходства и различия. Они различаются возрастом вмещающих толщ, околорудными изменениями (на Кумторе и Мурунтау преобладает калишпатизация, на Бакырчике — углеродисто-серцитолитовый метасоматоз), условиями залегания рудных тел (Мурунтау — крутопадающий мегаштокверк, Кумтор и Бакырчик — относительно пологозалегающие минерализованные залежи), соотношениями золота, кварца и сульфидов (на Мурунтау преобладает свободное золото в кварце, на Кумторе и Бакырчике — тонкое золото в ассоциации с сульфидами), минералого-геохимической специализацией (Кумтор — Au, Te, W, платиноиды, Мурунтау — Au, Ag, W, As, Bi, U, платиноиды, Бакырчик — Au, As).

Для металлогенического анализа и прогноза очень важно, что эталоны обладают геологическим сходством, единообразием, близкими минералого-геохимическими особенностями эволюции. Отметим наиболее выразительные региональные и локальные черты подобия месторождений Кумтор, Мурунтау и Бакырчик [9].

1. Длительная рудоподготовка, многоступенчатость, полихронность, металлогеническая преемственность рудообразующих процессов, формирование месторождений на протяжении первых сотен миллионов лет при кооперативном, эстафетно-унаследованном взаимодействии нескольких источников и механизмов концентрирования благородного металла (осадочно-диагенетического, метаморфогенного, флюидно-магматогенного).

2. Знаменательная предпосылка образования гигантских месторождений — специализированная вмещающая среда (джетымтауская, бесапанская, бакырчикская свиты), для которой характерны слабая гранулометрическая дифференциация и низкая окатанность обломочного материала, тектоногравитационные микститы, углеродистое вещество керит-антраксолит-шунгит-битумоидного ряда, кластогенное золото, пирит и пирротин, сингенетическая специализация пород на Ac , W , As , U , P , платиноиды, низкие фации метаморфизма (зеленосланцевая, цеолитовая), многоплановая роль субстрата по отношению к оруденению (ресурсная, барьерная, структурообразующая).

3. Знаковые рудоконтролирующие структуры — зоны смятия, рассланцевания, будинажа, надвиги, межслоевые срывы, которые обеспечивают (при благоприятном сочетании структурного, магматического и физико-химического факторов) формирование крупнообъемных рудных тел (мегапорошки, многотоннажные минерализованные зоны) большой вертикальной протяженности — не менее 1,0–1,5 км.

4. Гигантские месторождения черносланцевого типа сходны между собой по геолого-геофизическим параметрам и условиям локализации относительно глубинных структур. Месторождения приурочены к контактам положительных и отрицательных аномалий магнитного и гравитационного полей, отражающим повторяющиеся структурные и вещественные неоднородности земной коры: выступы пород докембрийского и раннепалеозойского фундамента, «висячие линзы базификации», вулканические поднятия островодужного типа, глубокие рифтогенные прогибы с углеродисто-терригенным материалом, скрытые термальные купола.

5. При локализации рудных полей и месторождений следует учитывать пространственное сочетание и парагенезис золотого оруденения черносланцевого типа с коллизионным магматизмом пестрого состава. На уровне корневых частей рудные залежи месторождений через систему глубинных разломов связаны с апикальными выступами гранит-лейкогранитовых батолитов (материалы сверхглубокой скважины СГ-10 на Мурунтау, геолого-геофизические реконструкции на Кумторе и Бакырчике), на верхнерудном срезе они сопряжены с дайковыми образованиями среднего, кислого и субщелочного составов (мурунтауский, кунушский комплексы).

6. Колоссальные масштабы метасоматоза, изменчивый состав измененных пород, упорядо-

ченная метасоматическая зональность с наличием во всех объектах стволовой, апикальной и корневой метасоматических зон. Стволовая зона сложена кварц-серицитовыми или кварц-серицит-биотитовыми гидротермалитами, апикальная — кварц-диккитовыми, кварц-каолинитовыми, хлорит-альбитовыми, корневая — высокотемпературными калишпатитами, карбонатсодержащими (брейнерит, анкерит, железистый доломит) породами. Углеродистое вещество при метасоматозе нередко мигрирует с концентрацией на флангах рудных залежей («шунгитовые чехлы», «участки обогащения легким углеродом»).

7. Полная эволюция минералообразования со следующими общими стадиями: дорудной пирит-пирротин-марказит-никелин-кобальтингерсдорфитовой, рудными золото-редкометалльной (самородное золото, шеелит, молибденит, висмутин, халькопирит, теллуриды), золото-пиритовой или золото-пирит-арсенопиритовой, золото-серебро-кварц-сульфосольно-блеклорудно-полиметаллической, заключительной поздне-рудной (или пострудной) кварц-карбонат-марказит-антимонит-тетраэдритовой (с переотложенным тонким золотом, минералами Sr , Hg , Ba). Характерны перекристаллизация минеральных агрегатов, реакционные и гибридные соединения, коррозионные и цементные структуры, микропарагенезисы в минералах-концентратах. Нерудные минералы (кварц, карбонат) имеют не менее 3–4 генераций при значительном температурном диапазоне (420–75°C).

8. Контрастные геохимические поля, широкий спектр элементов (не менее 15–20), высокодифференцированная вертикальная геохимическая зональность с четырьмя реперными зонами: подрудно-нижнерудной (Co , Ni , V , Cr , Mo , W), среднерудной (As , Cu , W , Bi , Te), верхнерудной (Ag , Zn , Pb , Sb , As) и верхнерудно-надрудной (Ba , Sr , B , Sb , Hg). Золото в рядах зональности занимает две устойчивые позиции: ниже-среднерудную (золото-редкометалльная ассоциация) или среднерудную (золото-пирит-арсенопиритовая, золото-пиритовая, золото-теллуридная ассоциация). Геохимический индикатор гигантских месторождений — повышенные (до промышленных) концентрации платиноидов (Pt , Pd , Os).

В Казахстане нетрадиционным районом, перспективным на обнаружение ранее неизвестных золоторудных месторождений в древних черносланцевых толщах, является Володаровская рифтовая зона, расположенная в западном борту

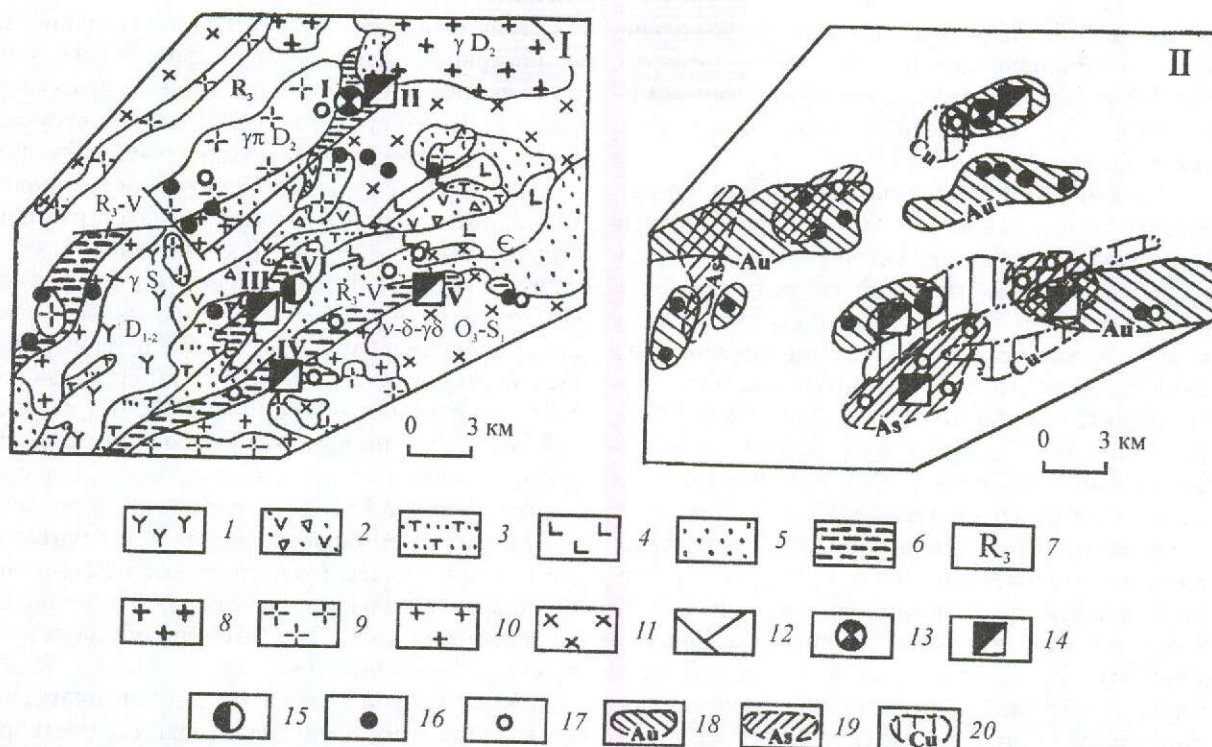


Рис. 1. Схема размещения золоторудных и золотосодержащих объектов (I) и эндогенных геохимических ореолов (II) в центральной части Володаровского рифта (западный борт Кокшетауского срединного массива), составлена по материалам АО «Стенгеология», ВСЕГЕИ, КазИМСа:

осадочные, вулканогенные, метаморфические формации: 1 — трахиандезит-дацитовая D_{1-2} , 2 — вулканогенно-терригенная O_{2-3} (андезит-базальтовые порфиры, лавобрекчии, туфоконгломераты), 3 — туфогенно-терригенная E_2-O_1 (туфопесчаники, туфоалевролиты, глинисто-кремнистые сланцы, алевролиты, песчаники), 4 — диабазовая E , 5 — терригенная кварцит-песчаниковая R_3-V (кокшетауская свита), 6 — углеродисто-терригенно-карбонатная R_3-V (шарыкская свита), 7 — хлорит-серицитово-сланцевая R_3 (ефимовская свита); магматические формации: 8 — биотитовых лейкократовых гранитов D_2 (дальненский комплекс), 9 — липарит-гранит-гранодиоритовая D_2 (воскресеновский комплекс), 10 — лейкократовых гранитов S , 11 — габбро-диорит-гранодиорит-гранитовая O_3-S_1 (зерендинский комплекс); 12 — разломы (глубинные первого и внутрикоровые второго порядков); золоторудные и золотосодержащие формации: 13 — золото-сульфидно-кварцевая штокверковая (I — Гремяче), 14 — уран-эйситовая с попутным золотом (II — Грачевское, III — Косачиное, IV — Февральское, V — Бурлуковское), 15 — медно-колчеданная с попутным золотом (VI — Лесное); точки минерализации: 16 — Au (0,1–0,9 г/т), 17 — As (0,1–0,5%); эндогенные геохимические ореолы: 18 — Au (0,005–0,08 г/т), 19 — As (0,01–0,1%), 20 — Cu (0,01–0,1%)

Кокшетауского срединного массива (рис. 1). Зону слагают рифтогенные углеродисто-терригенно-карбонатные и кварцито-песчаниковые отложения (соответственно шарыкская и кокшетауская свиты, R_3-V), вулканогенно-терригенные и вулканогенные осадки кембрийского, ордовикского и девонского возраста. Обрамление Володаровского рифта представлено сланцево-гнейсово-амфиболитовой толщей раннего-среднего протерозоя (зерендинская серия), слабометаморфизованными вулканидами рифея (ефимовская свита), ордовикско-силурийскими интрузивами пестрого состава (зерендинский комплекс) и девонскими калиевыми гранитами и порфирами (дальненский и воскресеновский комплексы) [12]. По гео-

логической и структурной позиции, возрасту и составу углеродсодержащих осадков, интрузивному магматизму и металлогении золота рассматриваемый рифт сходен с гигантским Кумторским золоторудным районом в Кыргызстане. Углеродисто-терригенные и углеродисто-терригенно-карбонатные породы шарыкской свиты (аналог джетымтауской свиты), слагающие осевую зону Володаровского рифта, характеризуются повышенным фоном Au, U, As, Mo; они катаклазированы, подвержены серицитизации, альбитизации, карбонатизации и окварцеванию, содержат многочисленные точки минерализации и эндогенные ореолы золота и его элементов-спутников. С породами шарыкской свиты связаны золо-

тосодержащие гидротермальные месторождения урана. С Володаровской рифтогенной структурой могут быть сопряжены многотоннажные месторождения кумторского и, возможно, мурунтауского типов.

Комбинированный тип генетически родственных мезотермальных Au-Cu порфировых и эпитермальных Au-Cu месторождений. Яркой иллюстрацией генетической связи порфирового и эпитермального оруденений служат пространственно сближенные, сформировавшиеся из единого магматогенно-гидротермального очага объекты мирового класса Лепанто и FSE в Филиппинах [13, 14]. Эпитермальное энаргит-золотое месторождение Лепанто длиной 3 км состоит из минерализованной зоны брекчий и гидротермалитов, залегающих в неогеновых дацитах. Рудные залежи контролируются крутопадающим разломом Лепанто. Для месторождения характерны ассоциация массивных и пористых кремнистых пород (монокварциты внутренней зоны), гипогенная продвинутая аргиллизация (алунит, каолинит, пирофиллит), сульфосоли Cu (энаргит, люционит), селениды, теллуриды, оловосодержащие минералы. Внешнее обрамление эпитермальных руд сложено пропилитами и пропилизированными породами. Пологозалегающее эпитермальное энаргит-золоторудное тело Лепанто перекрывает нижерасположенную Cu-Au порфировую колоколоподобную залежь месторождения FSE, прослеживаемую по вертикали более чем на 1000 м. Порфировое оруденение и главные элементы-индикаторы FSE концентрически распределены относительно интрузива меланократовых диоритовых порфиритов. Порфировые Cu-Au руды, обогащенные магнетитом, локализируются в гидротермально измененных породах. Внутреннее K-Si метасоматическое ядро (биотит, кварц) вверх по разрезу и на флангах сменяется иллит-хлоритовыми гидротермалитами и поздними кварц-иллит-сульфидными и ангидритовыми жилами. Во внешней зоне, переходной от FSE к Лепанто, развиты типичные аргиллизиты (каолинит, пирофиллит, алунит, диаспор). Брекчиевая труба, рассекающая по вертикали месторождение FSE, включает как эпитермальные, так и порфировые руды. Генетическое родство и преемственность формирования месторождений Лепанто и FSE обоснованы тонкими минералого-геохимическими и изотопно-геохимическими исследованиями, K-Ag датировками. Суммарные запасы Au составляют более 550 т, Cu — более 3,6 млн. т.

Прикладной аспект генетического единства и пространственной связи порфирового и эпитермального оруденений заключается в возможности прогнозирования одного типа месторождений по другому с учетом конкретной ситуации (порфировые интрузии, геохимически специализированные метасоматиты, благоприятные структурные элементы). В Казахстане в этом плане наиболее интересна территория Северного Прибалхашья. Здесь в разнообразных породах позднепалеозойского Балхаш-Илийского вулканоплутонического пояса широко развиты массивы вторичных кварцитов (МКВ) с золотой, медной и полиметаллической минерализацией, многие из которых формировались по сценарию Лепанто-FSE — в результате смешения ювенильных термальных рассолов с грунтовыми водами и последующего взаимодействия новообразованного раствора с коренными породами субстрата (рис. 2). Источниками полезных компонентов в МКВ (Au, Ag, Cu, Mo, Hg, Sb, Pb и др.) были глубинные магматические очаги, поставившие высокоминерализованные растворы в верхние горизонты, осадочно-метаморфические образования зоны транзита и приповерхностные вулканические породы, подвергшиеся интенсивным гидротермально-метаморфогенным преобразованиям.

В Северном Прибалхашье распространены две фациальные разновидности МКВ: приповерхностная и субвулканическая (или вулканогенно-глубинная). Первая развита по породам приповерхностной фации — туфам, лавам, эктрузивно-субвулканическим телам. Контролируется слабоэродированными вулканотектоническими структурами, кольцевыми и радиальными разломами, системами их пересечений, телами взрывных брекчий. Вторичные кварциты второй разновидности формировались в более глубокой обстановке в связи с субвулканическими (гипабиссальными) интрузивами жерловой или околожерловой фаций. Для них характерен контроль линейными разрывами и узлами их сочленений [1].

Диагностическими минералами МКВ являются алунит, каолинит, зунит, диаспор, пирофиллит. Массивы вторичных кварцитов имеют объемно-концентрическую зональность со сменной минеральной фаций (снизу вверх и от периферии к центру массивов): пропиловитовая — серицитовая — каолинитовая — алунитовая — монокварцитовая. Широко распространены переходные фации (серицит-каолинитовая, серицит-алунитовая, каолинит-алунитовая); нередко

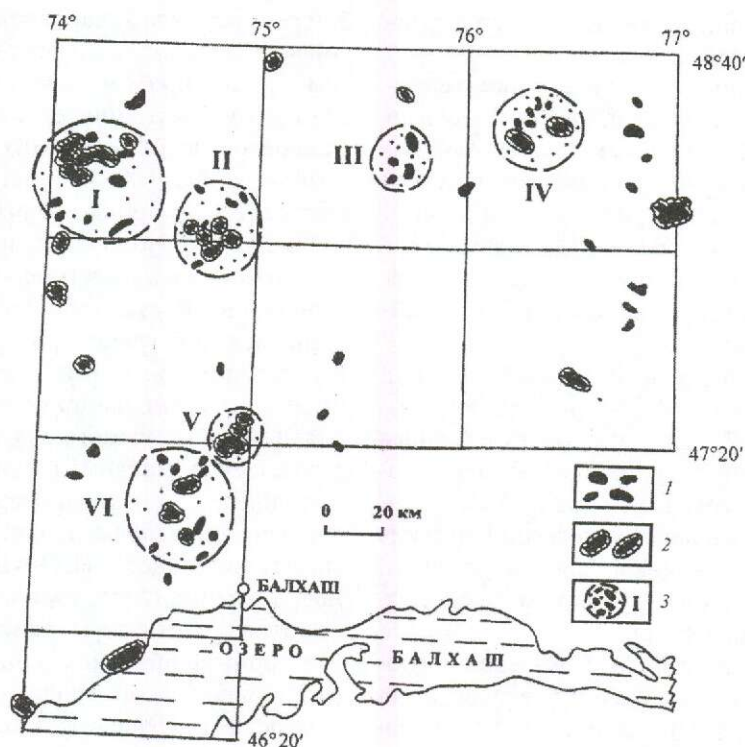


Рис. 2. Схема размещения массивов вторичных кварцитов в Северном Прибалхашье, составлена с использованием материалов Л.К.Алексеевой, В.А.Алексеева:

1 — массивы вторичных кварцитов; 2 — массивы, перспективные на выявление месторождений типа Лепанто и FSE; 3 — группы массивов вторичных кварцитов (I — Каргалинская, II — Кызылтасская, III — Кызылтрайская, IV — Бесшокинская, V — Уштобе-Наурызбайская, VI — Карабас-Борлинская)

в состав кварцитов входят пирит, андалузит, диаспор, ярозит, джумортьерит и другие минералы.

Рудная минерализация, связанная с МВК, образует эволюционный ряд Cu–Mo (с Ag, Au)–Au–Pb–Zn–Ag–Au–Ag–Au–Sb–Hg. Характерны комбинации Cu–Mo порфирового типа с эпитермальным Au–Ag или Au–Pb–Zn–Ag. Наблюдается фациальная изменчивость состава руд. В месторождениях вулканогенно-глубинной фации преобладают минералы ранних ассоциаций (пирит, халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит), в близповерхностных объектах нередко поздние блеклые руды, энаргит, сульфосоли Sb, Cu и Pb, электрум, антимонит, киноварь, реальгар.

Как поисковый признак заслуживают внимания гипергенные преобразования МВК: площадные и линейные зоны лимонитизации и каолинитизации, железные шляпы, новообразованные минералы Fe, Cu, As, Pb, Au (гётит, гидрогётит, малахит, ковеллин, псиломелан, ярозит, скородит, вульфенит, англезит, вторичные Au, Cu, Ag), высыпки массивных и кавернозных монокварцитов, жильного кварца, россыпное зо-

лото, литохимические ореолы. В Северном Прибалхашье не менее 30–40 МВК рекомендуется переоценить на тип Лепанто-FSE. Первоочередные объекты для переоценки сконцентрированы в Каргалинской, Кызылтасской, Бесшокинской, Уштобе-Наурызбайской и Карабас-Борлинской группах МВК (см. рис. 2).

Эпитермальные золото-серебро-адуляр-кварцевый и золото-кварц-аргиллизитовый типы оруденения. Нетрадиционные области их развития — тыловые рифты, локальные вулканоструктуры, приразломные грабен-мульды, расположенные по периферии Центрально-Казахстанского девонского и Балхашско-Илийского позднепалеозойского вулканоплутонических поясов. Особый интерес представляют рудоносные структуры и объекты, находящиеся в метаморфических породах докембрия. В Казахстане подобные месторождения практически не изучены. За рубежом известны объекты с запасами Au 100–500 т и более: Крипл-Крик, Айдахос-Спрингс, Централ-Сити, Теллурид-Сильверстон в Северной Америке; Балей, Кубака в России;

Кидстон в Австралии. Отличительными чертами таких месторождений являются:

связь с терригенными и вулканогенно-терригенными грабен-структурами, вулканическими кальдерами, внутрижерловыми телами, эксплозивными брекчиями, субвулканическими штоками неоднородного состава, локализованными в гранитизированных блоках пород фундамента (гранитогайсах, амфиболитах, кристаллических сланцах, гранитах, кварцитах) и ближайшем их обрамлении;

разнообразие морфологических типов руд (жилы, жильные зоны, трубообразные тела эксплозивных брекчий, линзовидные сульфидные залежи и др.), неравномерное распределение золота (от первых до сотен граммов на 1 т);

индикаторные жильные и метасоматические минералы (халцедоновидный кварц, карбонаты, флюорит, иллит, каолинит, монтмориллонит, цеолит, барит, родохрозит);

характерный набор рудных минералов (полиметаллические сульфиды, блеклые руды, сульфосоли Sb и Ag, аргентит, киноварь, часто теллуриды);

специфические средне-низкотемпературные изменения (пропилитизация, цеолитизация, адуляризация, аргиллизация, метасоматическое окварцевание).

Выразительными российскими эталонами эпитеермального типа, на которые следует ориентироваться при работах в Казахстане, являются крупные месторождения Кубака и Балей [5, 7, 11]. Золото-серебряное месторождение Кубака расположено в юго-западном борту Омолонского срединного массива (Северо-Восток России). Оно приурочено к Авландинскому палеовулкану девонского возраста, рвущему метаморфические породы архея (гранитогайсы, кристаллические сланцы). Жерло вулканоструктуры сложено игнимбритами и кластолавами трахириолитов, склоны и периферическая часть — туфами кислого и среднего составов, туфопесчаниками, туфоалевролитами. Вулканыты и терригенные породы прорваны субвулканическими телами, силлами и дайками трахириолитов, риодацитов, андезитоацитов. Дорудные изменения представлены пропилитизацией (эпидот, хлорит, карбонат). Гидротермально измененные околорудные породы хлорит-кварц-серицитового состава. Золотое оруденение связано с крутопадающими жильно-прожилковыми зонами. Мощность отдельных жил 1–3 м, жильно-прожилковых зон до 20–30 м, вертикальный размах до 500–700 м. Золотоносные зоны сложены кар-

бонат-анортоклаз-кварцевой и адуляр-кварцевой ассоциациями с самородным золотом, пиритом, арсениопиритом, галенитом, фрейбергитом, акантитом, науманнитом. Количество рудных минералов до 0,5%. Золото свободное, тонкое, низкой пробы (600–750); встречаются электрум, кюстелит и самородное серебро [5, 11].

Балейское золото-адуляр-кварцевое жильно-штокверковое месторождение находится на территории Восточного Забайкалья в пределах одноименного грабена, выполненного меловыми конгломератами и песчаниками. Грабен имеет рифтогенную природу, приурочен к центральной части области разуплотнения, характеризующейся максимальным развитием метаморфических позднепротерозойско-раннепалеозойских образований, палеозойских и мезозойских гранитоидов [11]. Оруденение малоглубинное, эпитеермальное, развивающееся в меловых породах и частично в гранитоидах фундамента. Месторождение характеризуется контрастной метасоматической зональностью: в терригенных осадках грабена развиты аргиллизиты (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда, криптовулканические кремнистые образования), в фундаменте — березиты и березитоподобные породы. Для метасоматитов и руд характерны халцедоновидная, колломорфная крустификационная, гребенчатая, пластинчатая, брекчиевая текстуры. Рудообразующие жильные минералы — кварц, адуляр, кальцит, подчиненные — анкерит, серицит, каолинит, диккит, флюорит. Рудные минералы (0,5–1,0 %) — самородное золото (кристаллы, дендриты, скелетные сростки; проба 680–780), миаргирит, пираргирит, тетраэдрит, фрейбергит, антимонит, сульфоантимониты Pb, теллуриды, реальгар, аурипигмент [7].

В грабен-структурах, обрамляющих краевые Центрально-Казахстанский девонский и Балхаш-Илийский позднепалеозойский вулканоплутонические пояса, существуют реальные предпосылки для выявления крупных месторождений типа Кубака и Балей. Наиболее перспективен на эпитеермальное оруденение Кокшетау-Северотяньшаньский орогенический пояс, характеризующийся широким развитием активизированных блоков пород докембрия, выходящих на дневную поверхность [8]. Интересен Кокшетауский срединный массив — крупный (более 20 тыс. км²) останец древней платформы, развивавшийся в палеозое в режиме многократной гранитизации. По его обрамлению располагаются многочисленные вулканогенные и терригенные прираз-

ломные грабен-мульды девонского и каменноугольного возраста, заслуживающие переоценки на золото. На территории Чистопольской мульды, находящейся в южном борту Кокшетауского массива, установлены проявления гидротермально-метасоматических и рудных процессов, в том числе многочисленные точки минерализации золота и урана, обширные зоны золотоносных березитов. По тектонической природе Чистопольская мульда идентична Балейскому грабену и депрессии Крипл-Крик (рис. 3). В красноцветных молассоидах девона Чистопольской мульды присутствуют дифференцированные субвулканические тела, малые интрузии и дайки (от габбро-диоритов, диоритов до плагиопорфиров, гранит-порфиров), в парагенезисе с которыми зафиксированы эпитермальные проявления золота (Петавское, Кедейское и др.). Последние содержат две золотоносные ассоциации: раннюю пирит-арсенопиритовую с тонкодисперсным золотом, связанную с процессами березитизации интрузивных и терригенных пород, и позднюю кварц-

полиметаллическую со свободным золотом. Индикаторы ранней ассоциации — пирит, арсенопирит, халькопирит, пирротин, поздней — самородное золото, галенит, сфалерит, гринокит, блеклая руда. Золотопроявления имеют неглубокий срез, о чем свидетельствуют минералы, характерные для верхних горизонтов месторождений (киноварь, блеклая руда, гринокит), повышенные содержания сурьмы в березитах и сульфидах, присутствие в измененных породах «верхнерудной» кварц-карбонат-марказит-антимонитовой ассоциации. В березитизированных породах (мощность зон гидротермальных изменений до 600–800 м) содержания Au до 0,1–3,0 г/т, Ag 5 г/т, As 1–2%. В мономинеральных фракциях пирита, отобранных из березитизированных пород, установлены Au 3–11 г/т, As 0,03–0,1%, Ag 3–40 г/т, Bi 5–50 г/т.

В Кастекском районе Заилийского Алатау (Южный Казахстан), где также широко развиты докембрийские образования, практический интерес представляет Тасты-Альмерекский рифт,

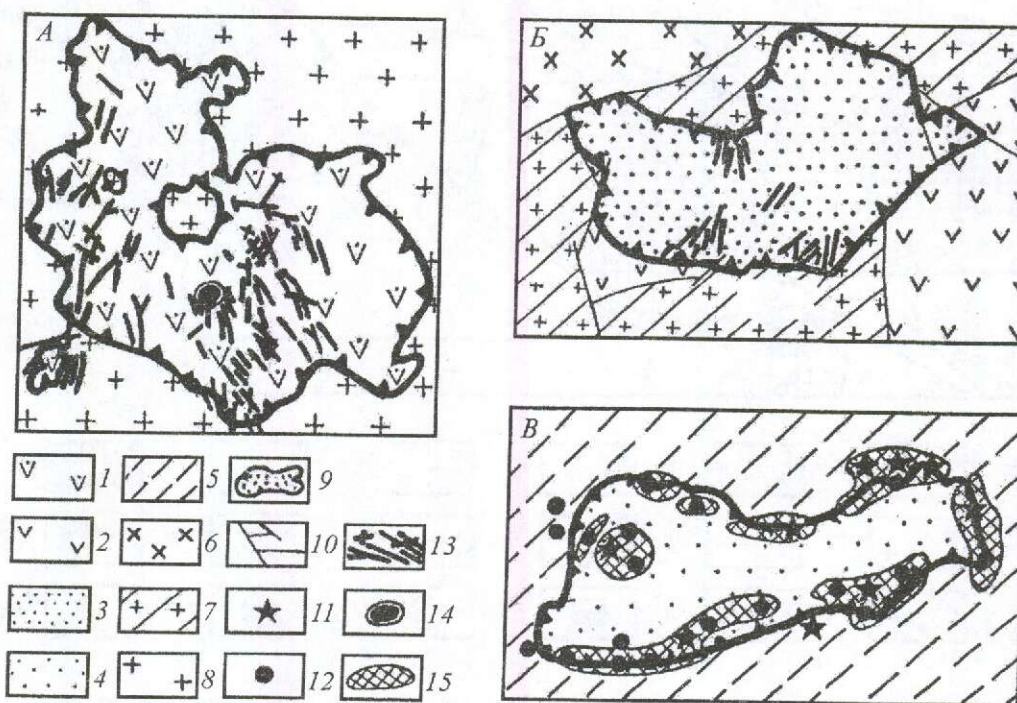


Рис. 3. Схемы размещения эпитермальных рудных объектов в наложенных грабен-структурах:

А — депрессия Крипл-Крик в Северной Америке, по Г.Ф. Лафлину и А.Г. Кошману; Б — Балейский грабен в Забайкалье, по В.Г. Хомичу; В — Чистопольская мульда в Северном Казахстане, по материалам КазИМСа, ПГО «Степгеология» и «Севказгеология»; вулканыты: 1 — третичные, 2 — домезозойские; терригенные толщи (конгломераты, песчаники): 3 — меловые, 4 — средне-верхнедевонские; 5 — докембрийско-раннепалеозойские образования; 6 — мезозойские интрузивные породы; 7 — домезозойские интрузивные и метаморфические породы; 8 — докембрийские граниты; 9 — контуры грабен-структур; 10 — разломы; рудные проявления: 11 — золота, 12 — урана; 13 — золотоносные кварцевые жилы и штокверки; 14 — тело золотоносных брекчий («Крессонов раздув»); 15 — золотоносные березиты

сложенный окварцованными (до монокварцитов), альбитизированными, серицитизированными вулканитами андезит-дацит-риолитов каменноугольного возраста и девонскими красноцветными конгломератами и песчаниками (рис. 4). Эпитермальные золоторудные объекты, известные на площади рифта (Альмерек, Сарысай, Тасты), по составу вмещающих пород, набору метасоматитов, минералого-геохимическим признакам во многом отвечают рудам байлейского типа. Рудные тела протяженностью до 500–700 м и мощностью от 0,1 до 5–10 м содержат Au 1–5 г/т, иногда 10–20 г/т. Индикаторы руд — Au, Ag, Sb, Pb, Ba, As, Bi. Отношение Ag/Au до 20–100. В подстилающих протерозойских амфиболитах, обнажающихся на юго-западном фланге рифта, локализовано золото-кварц-карбонат-сульфидное Мироновское месторождение (Au 1–3 г/т, Ag до 100–200 г/т, Cu 1–3%, Bi 0,1–1,0%, W 0,1–1,0%,

Pb 1,0–3,0%, Zn до 1–2%). По геологическому строению, структурным и минералого-геохимическим особенностям оно является аналогом крупного жильного месторождения Кидстон в Австралии. Эпитермальные объекты Тасты-Альмерекского рифта и Мироновское месторождение — генетически родственные образования. Они тесно связаны со штокообразными порфировыми телами и эксплозивными брекчиями верхнекаменноугольного бешекинского вулканоплутонического комплекса, представляя различные сечения единой рудно-магматической системы: слабозеродированные Альмерек и Сарысай характеризуют фронтальную и прифронтальную зоны, глубокозеродированное Мироновское месторождение — корневую часть. Суммарный вертикальный диапазон эпитермального оруденения в Кастекском районе оценивается в 1,5–2 км [8].

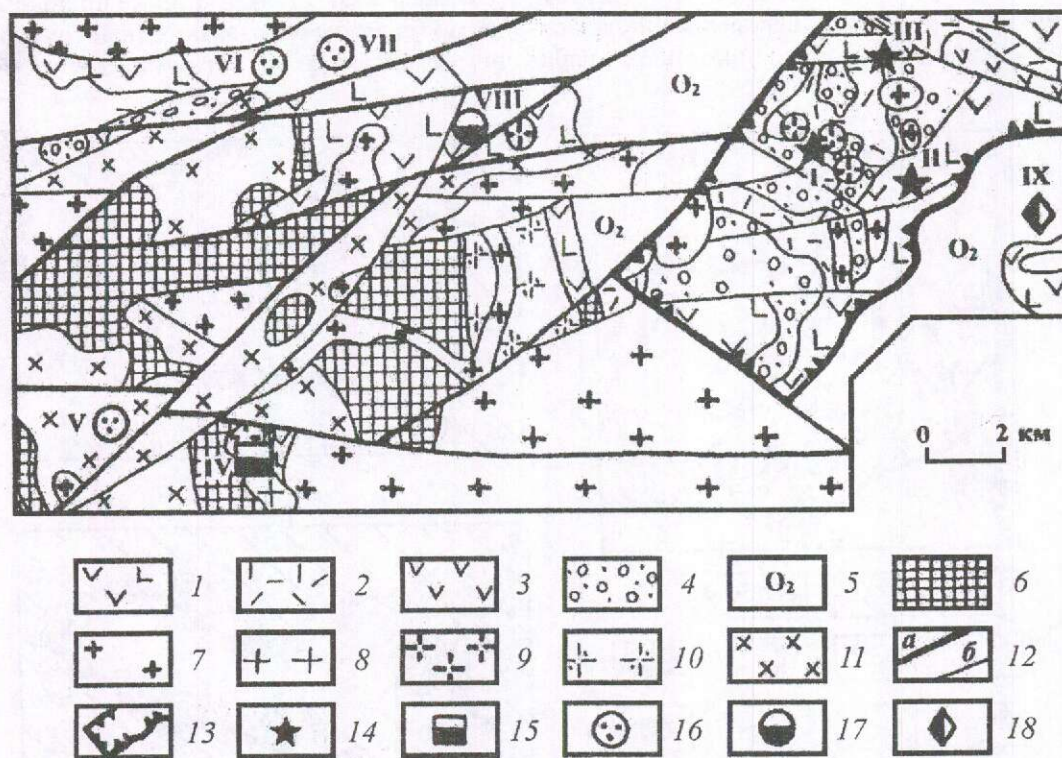


Рис. 4. Схема размещения золоторудных объектов в Кастекском районе, Зайлийский Алатау:

осадочные, вулканогенные, метаморфические формации: 1 — андезитовая, андезито-базальтовая C_1 , 2 — риолитовая D_{2-3} , 3 — андезитовая D_{1-2} , 4 — конгломерат-песчаниковая D_{1-2} , 5 — алеврит-песчаниковая O_2 , 6 — амфиболит-гнейсовая PR_{1-2} ; магматические формации: 7 — гранитоидная P (алескитовые граниты, граносиениты, фельзит-порфиры), 8 — гранитовая C_3 , 9 — порфировая C_3 , 10 — порфировая $C_{1,2}$, 11 — габбро-диорит-гранодиорит-гранитовая O_3-S_1 ; 12 — разломы (a — первого, б — второго и третьего порядков); 13 — Тасты-Альмерекский рифт; золоторудные и золотосодержащие формации: 14 — эпитермальная золото-серебро-полиметаллическая (I — Альмерек, II — Сарысай, III — Тасты), 15 — эпитермальная золото-редкометалло-полиметаллическая кварц-карбонат-сульфидная жильная (IV — Мироновское), 16 — золото-сульфидная (V — Северный Кыргау, VI — Талдысай, VII — Аршалы), 17 — золото-колчеданно-полиметаллическая (VIII — Чинасылсай), 18 — золото-скарновая (IX — Узунбулак)

Экзогенный класс нетрадиционных месторождений золота включает две разновидности кор выветривания: золото-мышьяково-сурьмяно-ртутную и золотосодержащую бокситоносную (прототипы — соответственно Карлин в США и Боддингтон в Австралии).

Месторождение золота Карлин — эталон мирового класса с субмикроскопическим золотом в углеродисто-терригенно-карбонатных отложениях палеозойского возраста [15]. Месторождение малоглубинное, эпитермальное, с аргиллизацией, карбонатизацией, окварцеванием вмещающих пород, низкотемпературным спектром рудных минералов (барит, киноварь, реальгар, аурипигмент, антимонит). Характеризуется мощной зоной окисления, прослеженной по па-

дению рудного тела до глубин 300–350 м. Верхняя ярко-красная выщелоченная часть зоны окисления содержит самородное золото, вторичные минералы железа, каолинит, монтмориллонит, реликты карбонатсодержащих пород. Ниже располагаются окисленные руды пестрой окраски (серой, светло-зеленой до бурой), в которых золото ассоциирует с оксидами и гидроксидами железа, слюдистыми и глинистыми минералами. Из зоны гипергенеза добыто более 150 т Au.

Нетрадиционным казахстанским аналогом карлинского типа служит известное Суздальское месторождение в Семипалатинском Прииртышье, содержащее руды эндогенного и экзогенного классов (рис. 5) [3, 10].

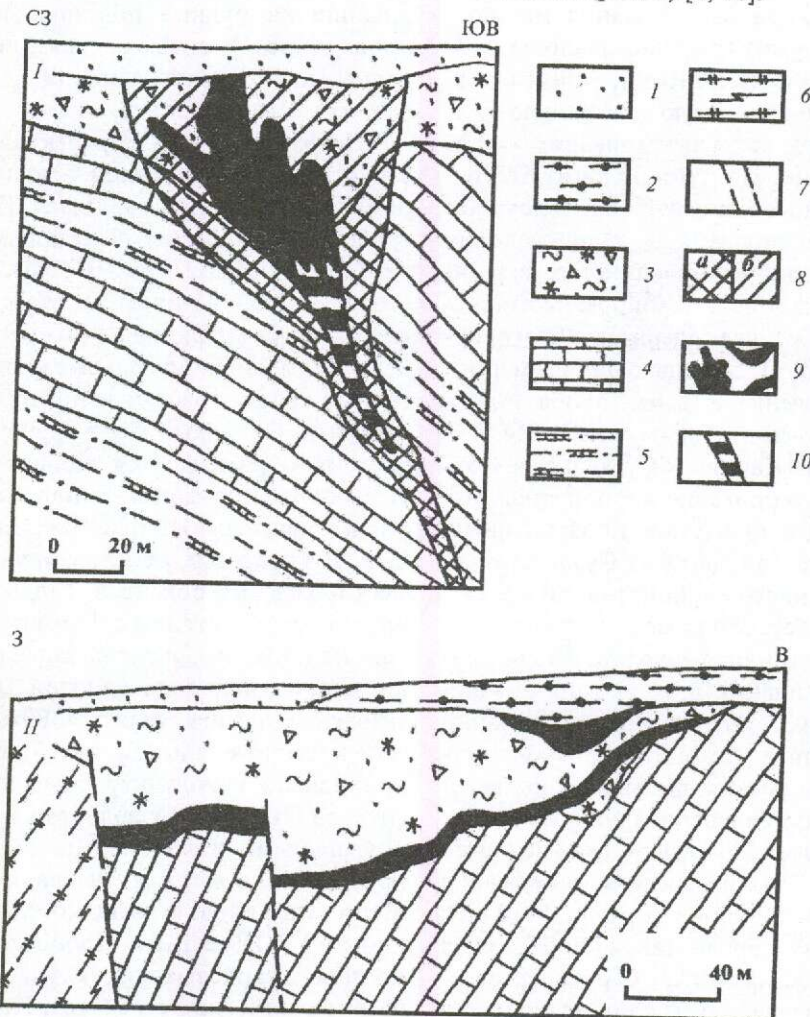


Рис 5. Геологические разрезы через месторождения золота в корях выветривания Суздальское (I) и Южно-Балкымбайское (II), по материалам ТУ «Востказнедра» и «Запказнедра»:

1 — кайнозойские рыхлые отложения; 2 — меловые бокситоносные глины; 3 — нерасчлененная глинисто-щебнистая кора выветривания; нижнекаменноугольные отложения: 4 — известняки, 5 — известковистые алевролиты; 6 — гнейсы, кристаллические сланцы позднего протерозоя; 7 — разломы; 8 — золотосодержащие зоны (а — в коренных породах, б — в коре выветривания); золоторудные тела: 9 — в коре выветривания, 10 — в коренных породах

Первичные рудные тела месторождения Суздаль, секущие карбонатно-терригенные породы каменноугольного возраста, представлены зонами окремнения сложной морфологии, имеющими крутое падение (70–80°), длину 200–600 м, мощность до 30–80 м. Оруденению предшествовали дробление, кремнисто-карбонатный метасоматоз и пиритизация пород. В составе эндогенных рудных тел: пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, самородное золото, блеклая руда, киноварь, антимонит, шеелит, флюорит, барит, кварц, карбонат. Количество сульфидов до 5–15%. Содержания Au от первых до первых десятков граммов на 1 т, среднее 10 г/т. Формы выделений самородного золота — пыле-, амebo-, дендрито-видная. Преобладает очень мелкое золото.

Золотоносная кора выветривания мощностью до 40–80 м содержит три зоны: нижнюю щебнистую с обломками кварцитов и известняков, среднюю щебнисто-глинистую и верхнюю глинистую. Индикаторы коры выветривания — каолинит, гидрослюды, монтмориллонит, гётит, кварц. Максимальные концентрации золота характерны для брекчированных кварц-железистых и железисто-глинисто-кремнистых агрегатов. Основная масса золота сорбирована глинистым материалом. Среднее содержание благородного металла 8,8 г/т. Преобладающий размер золотин в зоне окисления 0,16 мм, проба золота 963–1000, элементы-спутники — As, Sb и Hg.

Месторождения Карлин и Суздальское объединяют: единая терригенно-карбонатная рудовмещающая формация (Робертс Маунтин на Карлине, аркалыкская свита на Суздале) с аргиллизацией, кремнисто-карбонатным и железисто-кремнистым метасоматозом; вкрапленная минерализация третичного возраста с повышенной ролью сульфидов (до 10–15%), тонким золотом, набором низкотемпературных ассоциаций (киноварь, реальгар, антимонит и др.); контроль оруденения зонами смятия, дробления, надвиговыми структурами; повышенная роль углеродистого вещества; высокая коммерческая ценность зоны окисления; близкие средние содержания золота в эндогенных и коровых рудах (8–10 г/т); наличие в верхних горизонтах жилообразных проявлений кварца, кальцита, барита, джаспироидов; отсутствие четких границ рудных тел (устанавливаются опробованием).

Бокситоносные коры выветривания как реальный источник золота обрели самостоятельное значение после открытия в Западной Австралии крупного золоторудного месторождения Боддингтон с общими запасами Au 200 т [2]. Зо-

лото концентрируется на трех уровнях: в нижней части бокситовых латеритов, в средней части горизонта каолиновых глин, в основании коры выветривания. Средние содержания металла 1,5–3,0 г/т. С поверхности кора выветривания отмечается аномалиями Au, As, Cu, Mo, Co, Sn, W, Th, U, Nb. Месторождения этого типа известны в Западной Африке, на Мадагаскаре, в Бразилии и в других регионах мира.

Казахстан представляет собой крупную бокситоносную провинцию Центральной Азии. Элювиально-осадочные и карстовые бокситы развиты в Тургае, Аркалыкском, Целиноградском, Причимкентском районах. Возраст бокситов мел-палеогеновый. Целенаправленное изучение бокситов и подстилающих их кор выветривания на рудные полезные ископаемые не проводилось. Весовые содержания золота отмечались на Восточно-Аятском, Аркалыкском и других месторождениях.

Нетрадиционной, перспективной на золото структурой, выполненной бокситоносными корами выветривания, является Балкымбайский грабен в Мугоджарской металлогенической зоне (Западный Казахстан). Коры контактово-карстового типа, развиваются по разрывным нарушениям субмеридионального направления, разделяющим каменноугольные карбонатно-терригенные толщи грабена и протерозойские метаморфиты (западный борт грабена) [4]. В метаморфитах размещаются жильные и штокверковые золото-сульфидно-кварцевые месторождения и проявления Шанаш, Борлинское, Балаталдык. В карстовых образованиях локализованы месторождения бокситов Талдык-Ащисай, Кайдинское, Олыталдык. Показательным объектом, на котором бокситоносные глины сопряжены с промышленной золотой минерализацией экзогенного типа, является Южно-Балкымбайское месторождение (см. рис. 5). Месторождение приурочено к контакту позднепротерозойских гнейсов и кварцево-слюдистых сланцев с каменноугольными известняками. Породы позднего протерозоя содержат пылевидную вкрапленность сульфидов, сульфидно-кварцевые жилы и прожилки. Известняки пронизаны сетью маломощных кварцевых жилок, участками содержащих золотоносные сульфиды. Концентрации золота в известняках десятые доли граммов на 1 т.

Бокситоносные глины раннего мела мощностью до 30–40 м развиты в приповерхностной части грабена. Глины пестроцветные и красноцветные охристо-каолиновые с бобовинами, прослоями и линзами выщелоченных и каменис-

тых бокситов. Индикаторы бокситоносных глин — гиббсит, каолинит, гидроксиды Fe, гидрослюда, галлуазит. В плане бокситоносные глины на 60–70% перекрывают контур нижележащих золоторудных тел.

Под бокситоносными глинами залегают глинисто-щебнистые продукты выветривания позднепротерозойских пород. Щебень состоит из обломков минерализованных гнейсов и кварца. Широко представлены каолинит, гидрослюда и ожелезненные породы. В верхней части разреза преобладает каолинит.

В подошве карстовой депрессии находится золотоносный горизонт щебнистых пород мощностью до 12–20 м, сложенный обломками жильного кварца, сцементированными глинисто-песчаным материалом [3]. Золоторудные тела имеют мощность 1–8 м. Содержания Au первые граммы на 1 т, редко 20–40 г/т. Отдельные минерализованные прослои и тела с промышленными концентрациями золота встречаются в средней и верхней частях разреза, в том числе непосредственно под горизонтом бокситоносных глин.

Золото свободное, пластинчатое, дендрито-видное, округлое. Преобладающий размер золотинок 0,05–0,07 мм, максимальный 0,2×0,15 мм. Перспективы Южно-Балкымбайского месторождения не ограничены его контуром. По данным ТУ «Запказнедра», объект локализован внутри контрастного геохимического ореола золота, трассирующего Балкымбайский грабен на расстояние не менее 15 км.

Объем статьи не позволяет охватить весь спектр нетрадиционных месторождений золота Казахстана. Отдельного рассмотрения заслуживает проблема комплексных золото-медных объектов (Самарское, Варварьинское, Шатыркуль, Акбастау). Необходим самостоятельный анализ вулканоплутонических поясов с прогнозом в них крупных, экзотических для Казахстана месторождений золота типа Ащи (Китай), Кочбулак (Узбекистан), Озерновское (Россия). Новым масштабным источником золотосодержащего сырья могут стать гидротермальные коры сольфатарного (вторично-кварцитового) типа в Северном Прибалхашье. Важно четкое понимание того, что НМЗ — надежный ресурс минерально-сырьевой базы, основа ее будущей стабильности и бесперебойного воспроизводства. Реализация минерагенического потенциала НМЗ в условиях дефицита бюджетных ассигнований предполагает коренное изменение содержания прогнозно-поисковых работ, формирование новой стратегии, ориентированной на повышение наукоем-

кости геологоразведочного процесса, непрерывное научно-технологическое обеспечение добывающей отрасли [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Л.К. Коровообразующие структуры и эндогенные геологические формации. — М.: Наука, 1986.
2. Буров В.А., Четвертков Ю.И. Условия формирования, особенности прогнозирования и поисков месторождений золота в латеритных корах выветривания. — М.: Геоинформмарк, 1993.
3. Золотоносные коры выветривания Казахстана. Справочник. — Алматы, 2000.
4. Золотоносные россыпи и коры выветривания Западного Казахстана / В.В.Юриш, В.И.Федоров, Ю.И.Тимофеев и др. // Геология и охрана недр. 2002. № 1. С. 19–22.
5. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000.
6. Научно-технологическое обеспечение изучения недр Казахстана (материалы семинара). — Алматы-Кокшетау, 2000.
7. Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д. Формации золоторудных месторождений // Рудные формации эндогенных месторождений. М., 1974. Т. 2. С. 3–110.
8. Рафаилович М.С. Эпитермальные месторождения золота Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана. 1997. № 5–6. С. 12–18.
9. Рафаилович М.С., Голованов И.М., Федоренко О.А., Никоноров В.В. Геолого-геохимические особенности и геохимическая зональность золотого оруденения в черных сланцах (на примере гигантских месторождений Урало-Монгольского складчатого пояса) // Уральский геологический журнал. 2003. № 1. С. 81–98.
10. Технология ускоренных поисков месторождений золота в корах выветривания / Н.М.Риндзюнская, В.Б.Чекваидзе, В.И.Пятницкий и др. — М.: ЦНИГРИ, 1997.
11. Условия формирования и основы прогноза крупных золоторудных месторождений / М.М.Константинов, В.В.Аристов, М.Е.Вакин и др. — М.: ЦНИГРИ, 1998.
12. Харламов М.Г., Чернов В.Я., Егоров А.С. Объемные модели Грачевского и Ишим-Шокпакского урановорудных узлов Северо-Казахстанской рудной провинции // Топорковские чтения. Рудный, 1994. С. 180–197.
13. Contemporaneous formation of adjacent porphyry and epithermal Cu-Au deposits over 300 ka in northern Luzon, Philippines / A.J.Arribas, J.W.Hedenquist, T.Itaya et al. // Geology. 1995. Vol. 27. P. 337–340.
14. Hedenquist J.W., Arribas A.J., Reynolds T.J. Evolution of an Intrusion-Centred Hydrothermal System: Far Southeast-Lepanto Porphyry and Epithermal Cu-Au deposit, Philippines // E. Geol. 1998. Vol. 93. P. 373–404.
15. Radtke A.S. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. Professional Paper 1267. U.S. Geological Survey. 1985.

УДК 553.411 (574.4)

© А.В.Третьяков, 2004

РОССЫПНАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЮЖНО-АЛТАЙСКОГО, СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОГО И КАРАТАУСКОГО РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА

А.В.Третьяков (ТОО «Алтын-Айтас», Республика Казахстан)

Приведены описание и сравнительный анализ россыпной золотоносности наиболее изученных золотоносных районов Казахстана, расположенных в различных геолого-тектонических обстановках. Россыпная золотоносность наиболее продуктивна в районах складчатых зон, менее — в пределах массивов и сводов. Наименее продуктивны россыпи в рифтогенных зонах. Геоморфологические особенности — второстепенный фактор для определения геолого-генетических типов и возраста россытей. Наибольший сырьевой потенциал присущ кайнозойским россыпям.

По экспертным оценкам предшествующих исследователей [8], за исторический период из россыпей добыто 36,4–42,2% Au от мировой добычи (за исключением золотоносных конгломератов и золото-полиметаллических месторождений). В настоящее время в России из россыпей добывается до 70% [1], а в мире — до 10% Au [4]. В Казахстане же добыча золота из россыпей составляет лишь 1,4% от ее общего объема [4]. По мнению автора данной работы [13], столь небольшие объемы золотодобычи из россыпей объясняются малым количеством обрабатывающих их предприятий и незначительной сырьевой базой, современное состояние которой не обеспечивает интенсификацию их отработки. В то же время, приведенные выше объемы россыпной золотодобычи в России и мире свидетельствуют об актуальности освоения россыпей Казахстана. Месторождения этого типа обычно не требуют значительных затрат на освоение, а процессы их разведки и отработки технологически просты. Кроме того, экологическое воздействие добычи золота из россыпей на окружающую среду по сравнению с комплексами по добыче и переработке первичных и окисленных золотых руд (карьер, шахта — золотоизвлекательная фабрика и карьер — установка кучного выщелачивания) гораздо менее ощутимо.

Ранее автором [12] обоснована первостепенная россыпеобразующая роль эндогенных факторов, способствующих образованию в природных системах четырех структурно-вещественных парагенезисов (СВП), характеризующихся закономерным сочетанием региональных геологических структур и присущих им золоторудных формаций. Золотороссыпная продуктивность разнообразных СВП различна. Наиболее благоприятен для россыпеобразования СВП с рас-

доточенным в объеме пород распределением коренных источников кварцево-жильного типа. Он характерен для интенсивно дислоцированных терригенных толщ геосинклиналей. Менее благоприятен СВП, характерный для слабодислоцированных областей складчатых зон и консолидированных структур типа массивов и сводов. Еще менее благоприятны СВП рифтогенных зон и вулканоплутонических поясов.

Разнообразные геолого-тектонические обстановки золотоносных районов Казахстана обуславливают особенности свойственных им СВП. Автором охарактеризованы СВП разнотипных районов, наиболее изученных в плане россыпной золотоносности: Южно-Алтайского в Зайсанской складчатой зоне, Северо-Казахстанского в пределах одноименного свода, Каратауского в одноименной рифтогенной зоне [12 и др.].

Южно-Алтайский золотоносный район находится на юго-восточном фланге Зайсанской складчатой области. Его геоморфологический облик определяется сочетанием среднегорного, низкогорного и холмисто-увалистого рельефа, формирование которого происходило со среднего эоцена по четвертичное время. Различаются четыре эрозивно-денудационных цикла, обусловленные активизацией неотектонических движений. Специфическая особенность рельефа — широкая распространенность фрагментов региональной поверхности выравнивания (РПВ).

Россыпные месторождения характеризуются поясовым распределением, которое определяется таким же размещением коренных источников. Генезис, возраст, морфология и условия локализации россыпей разнообразны. С учетом данных предшествующих исследователей (В.А.Кривцов и др., 1983; Т.М.Жаутиков [5] и др.) и результатов собственных наблюдений [14, 15] автором

выделены возрастные и геолого-генетические типы россыпей (табл. 1).

Россыпепроявления *эоценового возраста* локализованы в толще аллювиально-пролювиальных кварцевых галечников, сохранившихся на уплощенных водоразделах в виде фрагментов. Золотоносность кварцевых галечников зависит от их «палеогипсометрического» положения относительно золотоносного пояса: фрагменты, расположенные ниже, повсеместно золотоносны, а находящиеся выше — стерильны на шиховое золото. Как самостоятельные объекты кварцевые галечники не имеют практического значения, но служат промежуточными коллекторами золота для некоторых четвертичных долинных россыпей.

В *позднеолигоцен-раннемиоценовую* эпоху сформировались погребенные аллювиально-пролювиальные россыпи межгорных впадин и аллювиальные россыпи древних долин. Все известные россыпи этого возраста (В.П. Астраханцев и др., 1978) расположены в пределах Май-Капчегайского золоторудного узла.

Погребенные аллювиально-пролювиальные россыпи приурочены к Май-Капчегайскому грабену. Россыпная золотоносность связана с залегающими в основании разреза олигоценовыми валунно-галечниками с прослоями песков и бурых глин, сцементированными гидроксидами железа. Олигоценовые отложения с несогласием перекрыты миоценовыми серо-зелеными глинами мощностью от 12–15 до 70–75 м и плиоценовыми бурыми глинами с линзами песка мощностью от 8 до 73 м. Общая мощность кайнозойских отложений грабена 140 м.

Мощность горизонта галечников изменяется от 3–5 до 30–35 м. Россыпь состоит из двух параллельных струй шириной 100–120 и 40–100 м, протяженностью около 4 км при мощности пласта 0,4–1 м. Содержание золота колеблется от первых миллиграммов на 1 м³ до 10,4 г/м³.

Погребенные аллювиальные россыпи древних долин установлены в бассейне р. Казанка (Э.В. Окунев и др., 1976; В.П. Астраханцев и др., 1978). Мощность кайнозойских отложений от верхних частей долин к нижним увеличивается от 12–14 до 46 м. Золотоносный пласт приурочен к горизонту гравийно-галечников мощностью до 8 м, согласно перекрытых серыми, синевато-серыми глинами аральской свиты миоцена мощностью 15–20 м и красно-бурими карбонатизированными глинами павлодарской свиты плиоцена мощностью 5–20 м. Мощность пласта 0,6–1,8 м, ширина контура от 10 до 35 м, содержание Au от 3,8 до 94,5 г/м³. Россыпь отработана в 1934–1936 гг., из нее добыто около 1 т Au (В.П. Астраханцев и др., 1978).

В *плиоценовую эпоху* сформировались россыпи разнообразных геолого-тектонических типов, локализованные в различных геолого-геоморфологических условиях: элювиально-делювиально-пролювиальные на фрагментах РПВ; аллювиальные в крупных долинах унаследованного развития, перекрытых четвертичным аллювием; аллювиальные, локализованные в отмерших долинах на фрагментах РПВ.

Элювиально-делювиально-пролювиальные россыпи располагаются на фрагментах РПВ в границах рудных полей, в непосредственной связи с коренными источниками. Они чрезвычайно своеобразны по геологическим особенностям (отдельные их отрезки, находящиеся в едином контуре, имеют различный генезис) и условиям локализации. Мощность разреза неоген-четвертичных отложений достигает 14–15 м. Продуктивный пласт приурочен к залегающим в основании разреза коричнево-бурим щебнисто-песчано-глинистым отложениям с мелкой и средней галькой (до 5%) мощностью 0,8–1 м, перекрытым красноцветными карбонатизированными глинами плиоцена. В плане россыпи имеют лентовидную струйчатую и плащеобразную морфологию, обусловленную постепенным переходом друг в друга различных генетических типов россыпей: элювиальных, элювиально-делювиальных, пролювиальных. Ширина россыпей от 10–15 до 110–120 м, протяженность до 2 км. Распределение золота крайне неравномерное (от «знаков» до 60 г/м³), в виде невыдержанных струй и гнезд.

Аллювиальные россыпи, перекрытые четвертичным аллювием, приурочены ко впадине среднего течения р. Курчум и вмещают наиболее продуктивные участки долинной россыпи данной реки [14]. На этом отрезке ширина россыпи, состоящей из серии сближенных струй, увеличивается до 250–300 м. Большая часть золота связана с неогеновыми красноцветными валунно-галечниками, подстилающими современный аллювий (А.И. Демченко и др., 1980). Золото из красноцветных галечников покрыто «рубашкой» оксидов железа и марганца. По данным С.С. Воскресенского и др. (1982), возраст красноцветного аллювия по термолюминесцентному методу колеблется от 1850±420 до 1165±327 тыс. лет, что соответствует плиоцену.

Аллювиальные россыпи отмерших долин на фрагментах РПВ изучены слабо. Они локализованы в неглубоких (до 10 м) палеодолинах, имеют ширину до 50–60 м, мощность пласта до 1,5 м, торфов — 1–1,5 м, их протяженность не определена. Золотоносный пласт представлен галечниками с красно-бурим песчано-суглинистым заполнителем.

1. Возраст и геолого-генетические типы россыпей Южно-Алтайского золотоносного района

Возраст	Генетический тип	Геолого-геоморфологические условия локализации
Эоцен	Аллювиально-пролювиальный	В толще кварцевых галечников на фрагментах РПВ
Поздний олигоцен – ранний миоцен	Аллювиально-пролювиальный Аллювиальный	Погребенные во впадинах Погребенные в древних долинах унаследованного развития
Плиоцен	Элювиально-делювиально-пролювиальный Аллювиальный	Погребенные на уплощенных участках и в древних логах на фрагментах РПВ
Средне-позднечетвертичный	Аллювиальный Аллювиально-пролювиальный Пролювиальный	В древних долинах унаследованного развития, перекрытые четвертичным аллювием В отмерших древних долинах на фрагментах РПВ Долинные, террасовые Ложковые На конусах выноса

2. Возраст и геолого-генетические типы россыпей Северо-Казахстанского региона

Возраст	Генетический тип	Геолого-геоморфологические условия локализации
Поздний мел – палеоген	Прибрежно-морские	В пределах палеобережья Северо-Казахстанского поднятия
Олигоцен – миоцен	Аллювиальные	Погребенные в палеодолинах
Четвертичный	Аллювиально-пролювиальные, делювиально-пролювиальные	В долинах и логах областей развития мелкосопочника

3. Возраст и геолого-генетические типы россыпей Каратау

Возраст	Генетический тип	Геолого-геоморфологические условия локализации
Раннечетвертичный	Аллювиально-пролювиальные Аллювиальные	В толще гобийских конгломератов на конусах выноса по периферии поднятия В раннечетвертичных палеодолинах, врезанных в неогеновые осадки за пределами конусов выноса по периферии поднятия
Среднечетвертичный	Аллювиальные	В речных долинах горной части района
Позднечетвертичный-современный	Аллювиальные Вторичные аллювиальные Пролювиальные	В речных долинах горной части района На размытой поверхности нижнечетвертичных золотоносных конгломератов В ложковой сети в границах рудных полей

4. Перспективы россыпной золотоносности «типоморфных» золотоносных районов Казахстана

Район	Тип региональной геоструктуры	Соотношение запасов руда:россыпи	Площадная продуктивность	Относительные запасы				Продуктивность эпох, %				
				Р ₃	N ₁	N ₂	Q	Р ₃	N ₁	N ₂	Q	
Южно-Алтайский	Складчатая зона	1:4,81	1,2	7,61	25,49	47,21	27,3	–	–	–	–	–
Северо-Казахстанский	Консолидированный свод	150:1	0,2	4,64	68,85	–	31,3	–	–	–	–	–
Каратауский	Рифтогенная зона	4,65:1	0,1	1	–	–	100	–	–	–	–	–

В *средне-позднечетвертичное время* в логах на фрагментах РПВ сформировались многочисленные аллювиально-пролювиальные россыпи, в крупных долинах — аллювиальные долинные и террасовые россыпи, а также пролювиальные россыпи конусов выноса.

Аллювиально-пролювиальные россыпи логов и мелких долин тяготеют к золоторудным узлам. К настоящему времени они практически полностью отработаны. В россыпях этого типа, расположенных в Маралихинском золотоносном узле, в конце XVIII в. были обнаружены уникальные самородки (Э.В.Окунев и др., 1976) массой 16,8 кг (руч. Караоткель) и 12,4 кг (руч. Малый Когодай). По данным А.И.Демченко и др. (1980), продуктивность россыпей этого типа на отрезках долин, находящихся в границах золоторудных узлов, в 4,8 раз выше, чем за их пределами.

Аллювиальные россыпи характерны для крупных долин района. Их особенности рассмотрены автором ранее на примере россыпи долины р. Курчум [14]. Эти россыпи формировались на протяжении всего плиоцен-четвертичного времени. Наиболее продуктивные их части приурочены к отрезкам долин, пересекающим пояс развития коренных источников.

Террасовые россыпи редки, незначительны по протяженности и продуктивности. Морфологически это струйчатые образования, мощность пласта близка таковой долинных россыпей. Содержание золота в террасовых россыпях не коррелируется с его содержанием в долинных россыпях этих же отрезков.

Пролювиальные россыпи конусов выноса единичны. Разрез пролювия состоит из перетолженных красно-бурых песчанисто-щебнистых глин плиоцена, перекрытых сероцветными галечниками и серыми щебнистыми суглинками. В плане россыпи имеют веерообразную форму, протяженность около 1 км при средней ширине до 200 м. Мощность продуктивной толщи 12–22 м, золото распределено по всему разрезу рыхлых отложений, его среднее содержание 115 мг/м³.

Северо-Казахстанский золотоносный регион, включающий Северо-Кокчетавский и Степняк-Бестюбинский районы, располагается в пределах Северо-Казахстанского свода. Геоморфологически он представлен слабоволнистой денудационной равниной с абсолютными отметками 300–500 м и относительными превышениями до 20 м. На поверхности равнины широко развиты коры выветривания, огромные пространства покрыты чехлом кайнозойских и четвертичных отложений. Незначительно развит мелкосопочник. Предшествующими исследователями на описы-

ваемой территории выделены погребенные палеодолины палеоген-неогенового возраста, обычно не выраженные в современном рельефе.

С поздней юры регион был стабильной областью, что привело к формированию до глубин 20–100 м кор выветривания и зон окисления золоторудных месторождений. В кайнозое произошло два импульса малоамплитудных неотектонических движений: среднеолигоценый — реннемиоценовый, с которым связано образование палеодолин, и позднемииоцен-плиоценовый, гораздо менее интенсивный. В четвертичное время поднятия испытали локальные участки.

Россыпные месторождения и проявления характеризуются узловым распределением, обусловленным положением коренных источников. Анализ данных предшествующих исследований [5, 6, 10] и собственных наблюдений [2] свидетельствует о развитии в описываемом регионе россыпей различных геолого-генетических типов (табл. 2).

В *поздне меловую — палеогеновую эпоху* сформировались прибрежно-морские проявления россыпного золота. По данным В.В.Перегадова, С.Д.Лихонина [10], они локализованы в обрамлении Северо-Казахстанского поднятия в полосе шириной от 5 до 30 км и приурочены к пескам, гравийникам, галечникам и валунно-галечникам общей мощностью до 20 м. Содержание Au от единиц до сотен знаков. Золотины имеют различные морфологию, окатанность и гранулометрический состав. Промышленные перспективы россыпей этого типа не ясны.

В *олигоцен-миоценовую эпоху* образовались аллювиальные (аллювиально-элювиальные) россыпи погребенной гидросети. Наиболее изучена россыпная золотоносность палеодолины р. Ащидыайрык [2, 5, 6]. Палеодолина выполнена кайнозойскими отложениями, в разрезе которых (сверху вниз) выделяются: нижнечетвертичные суглинки (до 5,5 м), плиоценовые бурые, кирпично-красные, коричневые глины (11,5–17 м), верхнеолигоцен-миоценовые отложения — серые, голубовато-серые вязкие глины (4–9 м), а также глинистые пески, гравийники и гравийно-галечники (до 5,5 м) в основании сероцветной пачки. Кайнозойские отложения налегают на глинисто-дресвяную или щебенистую кору выветривания. Продуктивный пласт приурочен к спаевой части разреза. Протяженность россыпей, берущих начало непосредственно от коренных источников, не превышает 3 м. Мощность золотоносного пласта колеблется от 0,2 до 1,4 м, ширина контура — от 20 до 500–600 м. Содержание золота неравномерное — от 136 до 3939 мг/м³. Мощность торфов 25–27 м.

В четвертичное время сформировались аллювиально-пролювиальные, аллювиально-делювиальные россыпи ложкового типа, приуроченные к участкам развития мелкосопочника. Описываемые россыпи наиболее развиты в Боровском узле, где они сосредоточены в Северо-Чебащинской и Тасшалкарской группах. Россыпи Северо-Чебащинской группы пространственно связаны с выходами архейских метаморфических пород зерендинской серии, что позволяет считать ее вероятным коренным источником. Ложковые россыпи Тасшалкарской группы в значительной мере сформированы за счет перетолжения золота из древних (олигоцен-миоценовых) палеодолин, выделенных на этом участке Т.М.Жаутиковым.

Россыпи имеют незначительную (первые десятки сантиметров) мощность песков, небольшую мощность торфов и ширину контура. Протяженность россыпей различна — от первых сотен метров до 1–1,5 км. Распределение содержания золота неравномерное и достигает 4,5 г/м³. Четвертичные россыпи описываемого региона преимущественно отработаны.

Каратауский золотоносный район располагается в пределах внутриконтинентальной структуры рифтового типа, входящей в Тянь-Шаньскую рифтовую систему [3]. Геоморфологически он представлен группой вытянутых в северо-западном направлении новейших сводово-глыбовых сооружений, на территории которых развит рельеф денудационно-тектонического (фрагменты региональной поверхности выравнивания, преимущественно в приводораздельных частях) и эрозионно-тектонического (низкогорье в склоновых частях поднятия) типов, а также мелкосопочник (в предгорной зоне по периферии поднятия). По обрамлению поднятия отмечаются аккумулятивные равнины. Рельеф Каратау формировался во время двух плиоцен-четвертичных эрозионно-денудационных циклов, обусловленных активизацией неотектонических движений.

Россыпные месторождения района имеют узловое распределение и расположены в пространственно-парагенетической связи с коренными источниками. На основании материалов Е.С.Оспанова, 1960; Е.Г.Малышева, А.Л.Азаренко [7]; В.М.Погадаева [9]; В.В.Сливкина, С.С.Магомадова [11] и других исследователей автором выделены возрастные и геолого-генетические типы россыпей (табл. 3).

В раннечетвертичную эпоху сформированы аллювиально-пролювиальные россыпи конусов выноса и аллювиальные россыпи древних долин, врезанных в неогеновые отложения за пределами конусов.

Аллювиально-пролювиальные россыпи связаны с гобийскими конгломератами предгорно-верного пояса. Они возникли в условиях системы временных потоков с неустойчивым стоком, что обусловило возникновение веерообразных в плане золотоносных струй.

Аллювиальные россыпи древних долин локализованы за пределами конусов выноса и приурочены к раннечетвертичной палеодолине р. Алтынтаусай, врезанной в неогеновые отложения Чу-Сарысуйской впадины. На поверхности россыпь фиксируется древними выработками, прослеживающимися более чем на 8 км в виде полосы шириной до 1 км. По данным Е.С.Оспанова (1960), россыпь залегает на глубине около 4–5 м.

В среднечетвертичное время сформировались наиболее продуктивные долинные россыпи. В единичных геоморфологических условиях с ними локализованы аллювиальные россыпи позднечетвертичного возраста. Россыпи пространственно-парагенетически связаны с коренными источниками в бассейнах золотоносных долин.

Среднечетвертичные россыпи расположены как в пределах низкогорья, так и в ложбинах стока на конусе выноса. Их протяженность около 7 км. В области низкогорья россыпи наиболее богаты, продуктивный пласт локализован на истинном плотике. Ширина россыпей 20–30 м, мощность пласта до 0,9 м.

Позднечетвертичные аллювиальные россыпи не выдержаны по простиранию, их ширина 20–60 м, мощность пласта от 0,5 до 2,5 м. В верхних частях россыпей в области низкогорья продуктивный пласт залегает на коренном плотике, в нижних — во впадинах обрамления — на ложном плотике. Содержание золота в них значительно ниже, чем в аллювиальных россыпях среднечетвертичного возраста.

В позднечетвертичное — современное время сформировались как описанные выше аллювиальные россыпи в основных золотороссыпных долинах, так и россыпи других типов: вторичные элювиальные на размывтой поверхности нижнечетвертичных золотоносных конгломератов и пролювиальные ложковые в границах рудных полей.

Вторичные элювиальные россыпи образовались в результате высвобождения золота при разрушении промежуточных коллекторов — золотоносных нижнечетвертичных конгломератов. Они залегают в виде пятен и непротяженных струй в песчано-галечных и песчано-валунных отложениях на аккумулятивной поверхности конусов выноса.

Пролювиальные россыпи локализованы в ложковой сети в границах золоторудных полей.

Продуктивны слабо сортированные пролювиальные отложения логов. Распределение золота неравномерное с тенденцией к концентрации в приплотиковых частях разреза пролювия.

Ниже рассмотрена относительная продуктивность россыпной золотоносности «типomorphicных» золотороссыпных районов, располагающихся в характерных для Казахстана геолого-тектонических и геоморфологических обстановках.

В Южно-Алтайском золотоносном районе соотношение запасов золота в рудах и россыпях (с учетом ранее отработанных) составляет 1:4,81, что свидетельствует о его «золотороссыпной» специализации. Площадная продуктивность россыпной золотоносности (отношение условных запасов к условной площади района) составляет 1,2, а запасы россыпного золота (без учета прогнозных ресурсов) в 7,61 раз превосходят запасы и ресурсы россыпей Каратауского района. Преобладающая часть запасов россыпного золота (72,7%) сосредоточена в кайнозойских россыпях, а наиболее продуктивна плиоценовая эпоха, россыпи которой содержат 47,21% учтенных запасов золота (табл. 4).

В Северо-Казахстанском регионе соотношение запасов и ресурсов золота в рудах и россыпях составляет 150:1, что свидетельствует о его ярко выраженной «золоторудной» специализации. Площадная продуктивность россыпной золотоносности составляет 0,2, запасы и ресурсы россыпного золота в 4,64 раза превосходят запасы и ресурсы россыпей Каратауского района. Наиболее продуктивна олигоцен-миоценовая эпоха — в россыпях сосредоточено 68,85% запасов и ресурсов россыпного золота, в четвертичных — 31,3%.

В Каратауском районе соотношение запасов золота в рудах и россыпях составляет 4,65:1, что указывает на «золоторудную» его специализацию. Площадная продуктивность россыпной золотоносности 0,1, запасы и ресурсы россыпного золота менее значительны. Россыпи формировались на протяжении четвертичного времени.

Итак, основным фактором, определяющим продуктивность россыпей золотоносных районов Казахстана, является тип региональной геологической структуры. Наиболее продуктивны россыпи в складчатых зонах, менее — в пределах массивов и сводов, наименее — в рифтогенных зонах.

Геоморфологические особенности района — второстепенный фактор, определяющий геолого-генетические типы и возраст россыпей.

Продуктивность разновозрастных россыпей неоднозначна. Наибольшим потенциалом обладают россыпи кайнозойского возраста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И., Наточинский В.И. Экспрессная геолого-экономическая переоценка сырьевой базы россыпного золота России // Руды и металлы. 1995. № 5. С. 79–85.
2. Бегалинов А.Б., Третьяков А.В. Особенности погребенных россыпей золота Жолымбетского района (Северный Казахстан) // Геология Казахстана. 1998. № 3. С. 38–43.
3. Геология и металлогения Каратау. – Алма-Ата, 1987.
4. Геологические инновации: методы, технология, практика. – Алматы, 2001.
5. Жаутиков Т.М. Золотоносность древних долин Казахстана // Геология Казахстана. 1997. № 5. С. 4–12.
6. Кореньков Е.А. Новые данные о золотоносности неогеновых отложений Центрального Казахстана // Условия формирования и закономерности размещения россыпей золота Казахстана. Алма-Ата, 1983. С. 62–67.
7. Мальшев Е.Г., Азаренко А.Л. Особенности геоморфологического строения и основные типы россыпей участка Мынчукур (Северо-Западный Каратау) // Условия формирования и закономерности размещения месторождений золота Казахстана. Алма-Ата, 1980. С. 44–48.
8. Полеванов В.П. Крупные золотороссыпные провинции и их роль в мировой золотодобыче. – М., 1990.
9. Погадаев В.М. Геоморфологическое строение и россыпная золотоносность долины р. Кумысты // Условия формирования и закономерности размещения россыпей золота Казахстана. Алма-Ата, 1983. С. 45–53.
10. Перегудов В.В., Лихонин С.Д. Древние россыпи в обрамлении Северо-Казахстанского поднятия // Сырьевая база свинца и цинка, меди и золота Казахстана. Алматы, 2002. С. 86–87.
11. Сливкин В.В., Магомадов С.С. Геоморфологическое строение и россыпная золотоносность долины р. Карагашты (хребет Боролдайтау) // Условия формирования и закономерности размещения россыпей золота Казахстана. Алма-Ата, 1983. С. 54–61.
12. Третьяков А.В. Эндогенные структурно-вещественные парагенезисы как факторы россыпеобразования // Руды и металлы. 2001. № 3. С. 27–31.
13. Третьяков А.В. Перспективы и актуальность освоения россыпей Казахстана // Геология Казахстана. 2002. № 5. С. 49–59.
14. Третьяков А.В. Россыпная золотоносность долины р. Курчум (Восточный Казахстан) // Геология Казахстана. 2002. № 1. С. 77–85.
15. Третьяков А.В. Россыпная золотоносность Южно-Алтайского района, Восточный Казахстан // Руды и металлы. 2002. № 6. С. 12–16.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК [553.441:552.5]:550.85 (571.5)

Коллектив авторов, 2004

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ РУД НА КРУПНООБЪЕМНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ НА ПРИМЕРЕ ДЕГДЕКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Л.А.Остапенко, С.Ф.Стружков, О.Б.Рыжов (ЦНИГРИ МПР России), Н.В.Цымба-
люк (ООО «Станнолит»), М.Б.Евтушенко (ОАО «Гранд»)

*Показано занижение содержаний золота при опробовании крупнообъемных золото-
рудных месторождений в терригенных толщах, обусловленное наличием крупного
золота, неравномерностью распределения мелкого золота и физическими свойст-
вами вмещающих пород. Для оценки содержаний золота в подобных рудах пред-
ставительна навеска пробы не менее 1–1,5 кг. Предложена схема пробоподготов-
ки, включающая предварительное комбинированное обогащение.*

Территория Центрального Колымского ре-
гиона (ЦКР) — одна из крупнейших в мире зо-
лотороссыпных провинций — экономически
благоприятна для развития минерально-сырье-
вой базы золота в Магаданской области [2]. В
последние годы в регионе в результате проходки
каналов и поискового бурения в Дегдеканском
рудном поле, выполненных компанией «БиЭйч-
Пи» и ООО «Станнолит», выявлено крупнообъ-
емное золоторудное месторождение (участок
Верный).

Дегдеканское рудное поле расположено в
клиновидном тектоническом блоке с высокой
интенсивностью субширотных рудоконтролиру-
ющих разломов. Наиболее перспективный тип
рудных тел — линейные штокверки мощностью
до 120–160 м и протяженностью до 500–1000 м,
локализованные в пермской толще переслаива-
ния глинистых алевролитов и алевролитистых ар-
гиллитов с линзами мелкозернистых песчаников
(верхняя пачка нижней подсвиты пионерской
свиты). Средние содержания золота в рудных те-
лах, оконтуриваемых по данным опробования,
до 1–2 г/т. Рудные тела представляют собой зо-
ны смятия, рассланцевания, окварцевания, суль-
фидизации, дробления вмещающих пород с мно-
гочисленными макро- и микропрожилками и ко-
роткими жилами. Доля жильно-прожилкового
материала в объеме пробы редко достигает
40–50% (в метровых интервалах опробования), а
в среднем не превышает 3–5%. Золото отлага-

лось в одну (золото-полиметаллическую) ста-
дию, являющуюся одной из завершающих. Оно
накладывалось на метасоматически измененные
вмещающие породы, зоны дробления, вкраплен-
ные сульфиды и на более ранние жильные обра-
зования.

Крупнообъемные месторождения характе-
ризуются низкими (первые граммы на 1 т) содер-
жаниями золота. При оценке рентабельности
месторождений решающей является даже не-
большая разница в содержаниях, зачастую со-
ставляющая десятые доли граммов на 1 т. По-
этому достоверное определение концентраций
золота — одна из основных проблем оценки ме-
сторождений данного типа.

Предварительными исследованиями (лабо-
ратория «Кемекс», Канада, 2000 г.) по оценке
достоверности результатов опробования керна
на участке Верный выявлено существенное зани-
жение (от 15,9 до 233%) данных, полученных по
традиционной схеме опробования и пробопод-
готовки, по сравнению с расчетными после раз-
дельных анализов надрешеточного продукта
(+106 мкм) и фракции –106 мкм (150 меш). Был
сделан вывод о наличии в пробах из керна Дег-
декана существенного «эффекта самородков»,
вызванного присутствием частиц свободного
крупного золота. Исследованиями И.С.Литви-
ненко (СВКНИИ, 1999–2000 гг.) также показано
существенное занижение результатов опробова-
ния, по сравнению с результатами, рассчитанными

ми после прямого взвешивания самородного золота, выделенного из анализируемых проб. Помимо этого, им было установлено, что существенная доля самородного золота в отдельных пробах приходится на мелкое (<0,1 мм). Крупность выделений самородного золота в керновых пробах сильно варьирует. Золото, приуроченное к кварцевым прожилкам и участкам метасоматически преобразованных пород, характеризуется большей крупностью, чем локализованное в сульфидах и углистом веществе.

Авторы на начальном этапе исследований по оценке достоверности опробования сравнили результаты атомно-абсорбционного и пробирного анализов (экспрессный анализ опробования керна ООО «Станнолит» проводится атомно-абсорбционным методом), выявив систематически значимые расхождения результатов при содержаниях Au <1 г/т (табл. 1). Данные атомно-абсорбционного анализа по сравнению с пробирным существенно занижены. Абсолютное систематическое расхождение составляет от -32,9 до -704,0%, а относительное среднее квадратическое отклонение — от 45,3 до 406,7%. При содержаниях Au >1 г/т расхождения не значимы, а относительное систематическое отклонение составляет -4,8% (Au 1-2 г/т) +16,7% (Au >2 г/т). Полученные результаты свидетельствуют о значительной неоднородности распределения частиц самородного золота в анализируемых про-

бах, что делает непредставительной двухграммовую навеску, используемую для атомно-абсорбционного анализа руд. Косвенно можно также утверждать, что золото в пробах после их истирания остается достаточно крупным. В связи с выявлением непредставительности двухграммовой навески встает вопрос об оптимальной массе проб для оценки содержания золота в данном типе руд. В настоящее время при пробирном анализе используется 50-граммовая навеска.

Средний размер россыпного золота Дегдеканского месторождения ~2 мм (Н.Г. Маннафов, 1999), а коренного — предположительно около 1 мм. Максимальное содержание золота, установленное для пятиметровых интервалов опробования в поисковых скважинах 1998 года, составило 7 г/т. Следовательно, в пробе массой 50 г при допущении, что содержание золота определяется одной золотиной, размер ее составит ~0,66 мм, т.е. существенно меньше предполагаемого среднего массового размера. Это позволяет предположить, что в навеску для пробирного анализа попало только мелкое золото, составляющее <50% всего золота месторождения, а крупное из-за плохой дезинтеграции осталось учтенным. При дроблении и истирании пробы с преобладанием углистых сланцев золото будет расплющиваться без существенного измельчения. Таким образом, можно сделать вывод, что

1. Метрологические параметры сравнения данных по содержаниям золота, полученных различными методами, с данными опробования керна атомно-абсорбционным методом анализа

Интервал содержания Au по данным опробования, г/т	Число проб	Среднее содержание Au, г/т		Относительное систематическое расхождение, %	Относительное систематическое отклонение, %	Значимость систематических расхождений
		по данным атомно-абсорбционного анализа	по сравняваемой методике			
<i>Пробирный анализ</i>						
>2,0	12	4,26	3,12	+16,7	36,7	Не значимо
1,0-2,0	9	1,45	1,52	-4,8	47,0	Не значимо
0,5-1,0	7	0,73	0,97	-32,9	45,3	Значимо
0,1-0,5	23	0,23	0,66	-182,6	257,0	Значимо
<0,1	19	0,045	0,36	-704,0	406,7	Значимо
<i>Шлиховое обогащение</i>						
>2,0	8	4,5	4,8	-6,6	30,9	Не значимо
1,0-2,0	4	1,32	1,58	Число проб статистически не достаточно		
0,5-1,0	3	0,78	1,77	Число проб статистически не достаточно		
0,1-0,5	8	0,26	0,57	-118,3	120,7	Значимо
<0,1	5	0,049	0,242	Число проб статистически не достаточно		
<i>Обогащение на ЦВК</i>						
>2,0	5	3,2	3,8	Число проб статистически не достаточно		
1,0-2,0	1	1,0	0,61	Число проб статистически не достаточно		
0,5-1,0	3	0,82	0,72	Число проб статистически не достаточно		
0,1-0,5	26	0,25	0,63	-149,2	143,4	Значимо
<0,1	12	0,042	0,448	-970,2	598,7	Значимо

навеска в 50 г также не будет представительна для данного типа руд.

Неоднородность распределения золота в истертых пробах, т.е. плохая его дезинтеграция при измельчении, видна при сравнении результатов пробирного анализа проб по 10 параллельным определениям (рис. 1). Коэффициент

вариации, отражающий неоднородность распределения, для разных проб варьирует от 16,8 до 187,8% (табл. 2).

Таким образом, существенные отличия в степени гомогенизации золота для отдельных проб обусловлены:

гранулометрическим составом частиц само-

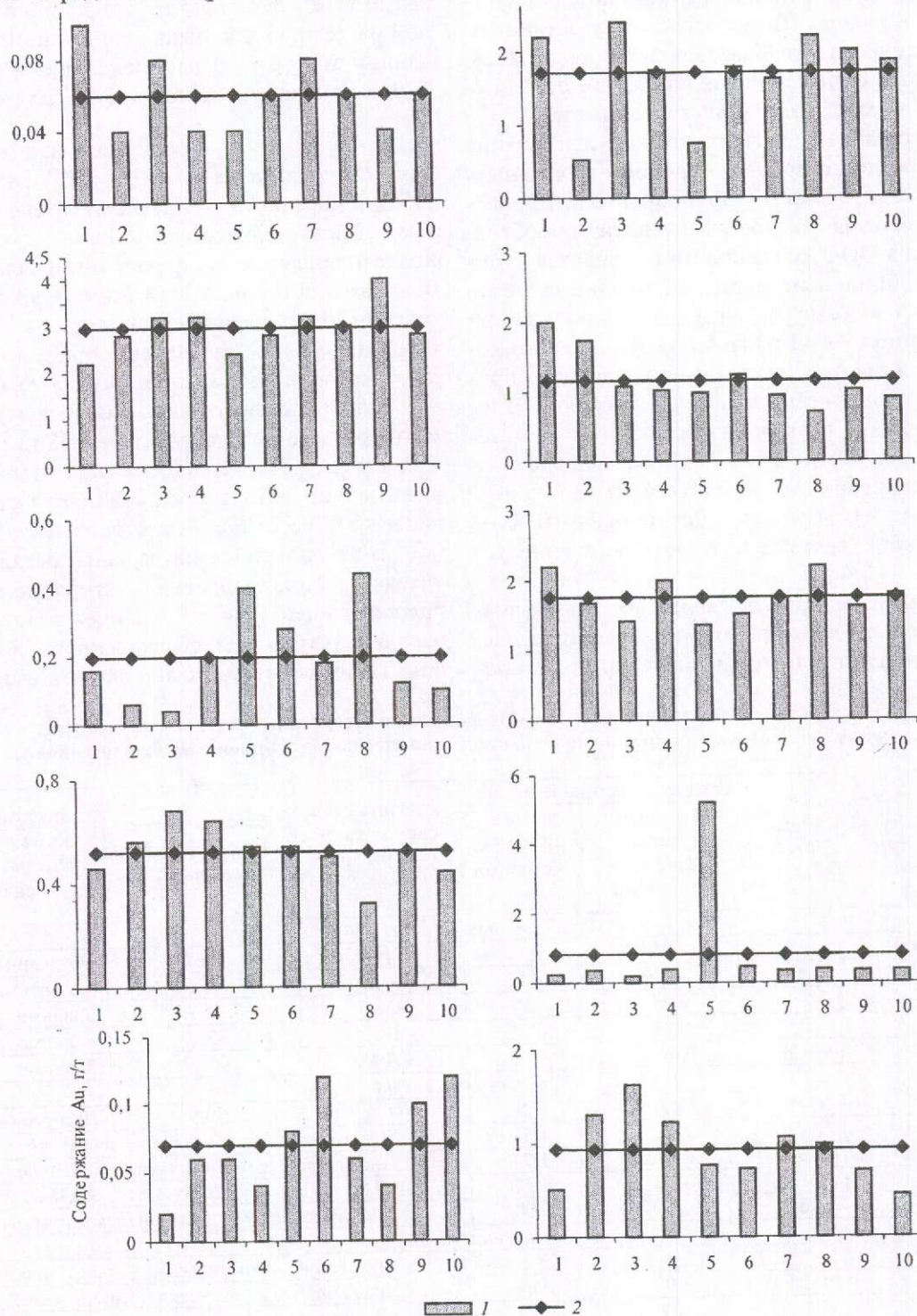


Рис. 1. Содержания золота в параллельных навесках (1) и их отклонение от среднего (2)

2. Статистические характеристики случайной величины при оценке содержания золота по 10 параллельным определениям пробирным анализом

№ п/п	Среднее содержание Au, г/т		Дисперсия	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
<i>Для отдельных проб</i>					
1	0,06		0,00044	0,021	35
2	2,96		0,24711	0,497	16,8
3	0,2		0,01861	0,136	68
4	0,52		0,01031	0,102	19,6
5	0,07		0,00118	0,034	48,6
6	1,71		0,38152	0,618	36,1
7	1,16		0,16155	0,402	34,7
8	1,76		0,08949	0,299	17
9	0,82		2,37012	1,54	187,8
10	0,93		0,14082	0,375	40,4
<i>По интервалам содержания Au, г/т</i>					
1	<0,1	0,065	0,00073	0,027	41,6
2	0,1–0,5	0,198	0,01861	0,136	68
3	0,5–1,0	0,757	0,75474	0,869	114,8
4	>1,0	1,898	0,1973	0,444	23,4

родного золота: при более мелких размерах распределение его будет более однородным;

физическими свойствами вмещающего материала: наличие существенной доли в пробе материала кварцевых прожилков или интенсивно метасоматически измененных (окварцованных) пород способствует лучшей дезинтеграции золота (даже крупного) при истирании;

морфологией самородного золота: комковидное и пластинчатое золото значительно хуже дезинтегрируется, чем каркасное или интерстициальное.

Изучение поведения золота при истирании проведено по девяти искусственным смесям, составленным из вмещающих пород, дробленных до 1 мм, с низкими, практически фоновыми, содержаниями, к которым было добавлено самородное золото с известными пробой, массой, гранулометрией и морфологией. После добавления самородного золота полученные смеси были истерты и отправлены на пробирный анализ для полной плавки (9–10 параллельных определений). В первых двух смесях среднее содержание золота из 10 параллельных определений оказалось существенно ниже расчетного (в 5,3 раза в пробе СМ-1, в 1,3 раза в пробе СМ-2). Поскольку обе операции (истирание и пробирный анализ) не позволяют исключить возможность потери золота, было приготовлено еще пять смесей,

с добавлением самородного золота в уже истертый материал (пробы СМ-3, 4, 11, 12, 13). Полученные результаты дали хорошую сходимость с расчетными содержаниями и подтвердили предположение о потере золота при истирании (рис. 2). При истирании первых двух проб самородное золото частично дезинтегрировалось, но основная его масса была потеряна, вероятно, из-за налипания на стенки истирателя.

Анализ оставшихся семи искусственных смесей, в которые самородное золото добавлялось до истирания, проводился в пробирной лаборатории ЦНИГРИ (пробы СМ-5, 6) и Центральной лаборатории г. Магадана (пробы СМ-14–18). В Магадане пробирный анализ проводился из 25-граммовой навески, что привело к увеличению количества параллельных определений по пробам до 20–22 (рис. 3). Кроме того, в Центральной лаборатории пробоподготовка производилась на модифицированном отечественном истирателе, а в ЦНИГРИ — на истирателе фирмы «Frich». Оказалось, что степень дезинтеграции золота в пробах, истертых на отечественном истирателе, существенно выше, а вариация содержаний в параллельных навесках — ниже (табл. 3, рис. 3). Это свидетельствует о существенном влиянии на получаемый результат режима истирания, зависящего от типа выбранного истирателя. Но даже при идентичной пробо-

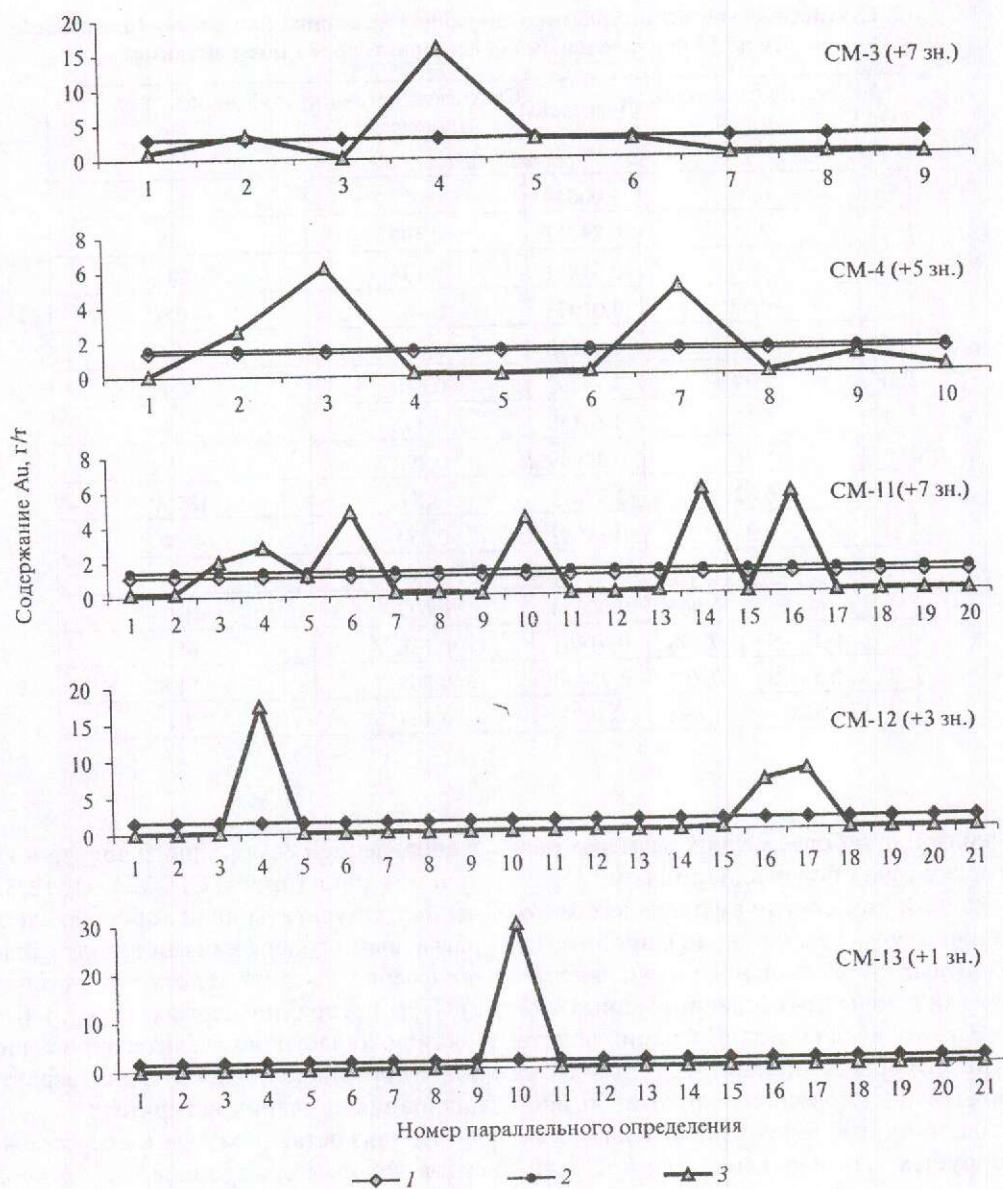


Рис. 2. Распределение золота в искусственных смесях (самородное Au добавлялось в истертый материал):

1 — расчетное содержание; 2 — среднее из параллельных определений; 3 — данные параллельных определений

подготовке эти параметры в разных пробах существенно отличаются, что, в свою очередь, обусловлено уже различными физическими свойствами вмещающей породы (доля кварцевой составляющей), а также гранулометрией и морфологией золота. При этом в трех искусственных смесях из пяти, проанализированных в Магадане, получены содержания золота ниже расчетных (особенно в пробе SM-17), что подтверждает вероятность потерь золота при истирании.

Проблема представительности проб для определения содержаний золота при подсчете запасов стояла и для крупнообъемных месторождений Невады. Она была решена путем увеличения навески для пробирного анализа до 500 г. Из опыта ЦНИГРИ считается, что для бедных и руд с крупным золотом целесообразно проводить более четырех плавок параллельных навесок. В таких случаях также рекомендуется проводить анализ материала после выделения крупного золота гравитационным способом, в част-

ности обогащением на гравитационном столе. Гравитационному обогащению подвергают навеску материала массой 1–2 кг, крупностью –0,5 (–0,3) мм, затем полученные продукты доизмельчают и проводят пробирный анализ. Концентрат плавят целиком, а от хвостов отбирают 2–3 навески по 100 г. Пробирным анализом опреде-

ляют содержание благородных металлов в концентрате и хвостах и затем вычисляют их содержание в исходной пробе [1].

Опираясь на опыт предшествующих исследователей, авторами было проведено предварительное гравитационное обогащение 10 проб массой от 3 до 9,4 кг, дробленных до 1 мм. Со-

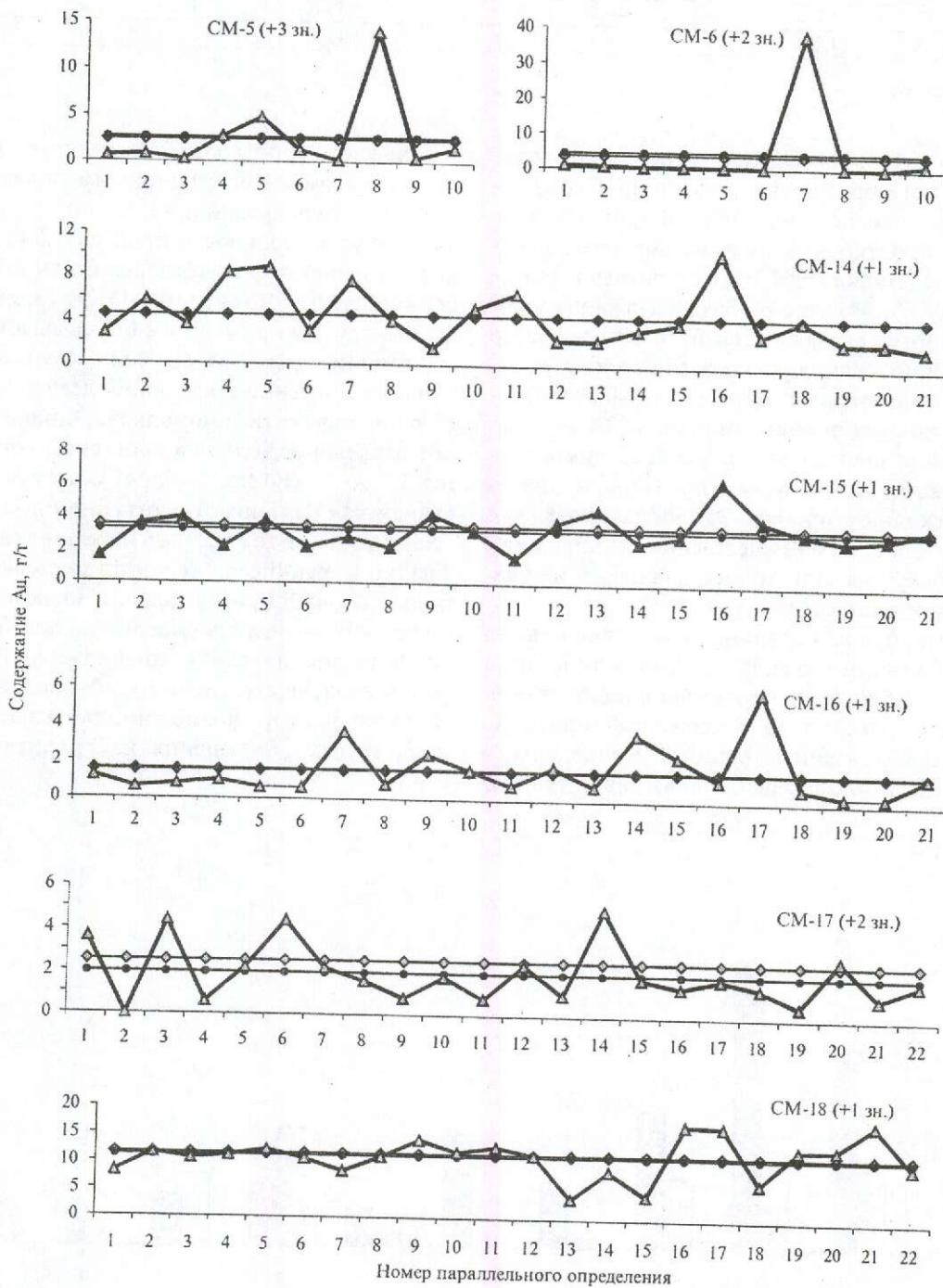


Рис. 3. Распределение золота в искусственных смесях (материал истирался после добавления самородного Au):
 усл. обозн. см. рис. 2

3. Степень дезинтеграции и вариации содержаний золота в искусственных смесях

Номер пробы	Содержание Au, г/т	Степень дезинтеграции Au при истирании, %	Коэффициент вариации содержаний, %	Количество знаков добавленного Au
СМ-5	2,7	14,5	148,2	3
СМ-6	4,35	7,7	258,0	2
СМ-14	4,48	65,7	55,1	1
СМ-15	3,26	77,7	33,0	1
СМ-16	1,57	52,3	86,2	1
СМ-17	1,97	46,0	66,6	2
СМ-18	11,21	73,8	31,8	1

держания золота, рассчитанные по балансу гравитационного обогащения, в семи пробах из десяти выше, чем полученные пробирным анализом (рис. 4). Относительное систематическое отклонение составило +59,7%, а среднеквадратическое — 106,0%. Во всех пробах, содержания золота в которых оказались выше полученных по данным опробования, доля золота в хвостах гравитации, характеризующая мелкое (<0,07 мм) золото в исходных пробах, составила 69% и более. Содержания золота в хвостах сопоставимы с содержаниями, полученными пробирным анализом в исходных пробах. Это показывает, что крупное золото преимущественно не попадает в отквартовку для пробирного анализа и не учитывается при подсчете.

Кроме предварительного обогащения на гравитационном столе, по 28 керновым пробам массой до 1,5 кг было проведено шлиховое обогащение и рассчитано содержание золота по балансу. Полученные данные приведены в табл. 4. Если пробирный анализ давал существ-

венное увеличение содержаний золота, по сравнению с атомно-абсорбционным определены в интервалах содержаний <1 г/т, то при увеличении представительности проб до 1,5 кг тенденция к увеличению наметилась и для проб с содержанием >1 г/т (см. табл. 1). Это можно объяснить тем, что в пробах с более высокими содержаниями доля относительно крупного золота выше и именно в них наиболее существенно влияние «эффекта самородка». Однако невысокое извлечение золота в шлиховой концентрат (от 3,3 до 56,2%) (см. табл. 4) может быть следствием как наличия существенной доли мелкого золота (в виде сростков и включений), так и физико-механических свойств вмещающей породы, дающей при дроблении мелкие плоские пластинки, выстилающие дно лотка. При шлиховании значительная доля «тяжелых» минералов скатывается по ним, не оседая на дно. Этот же фактор, возможно, сказывается и на показателях обогащения на гравитационном столе.

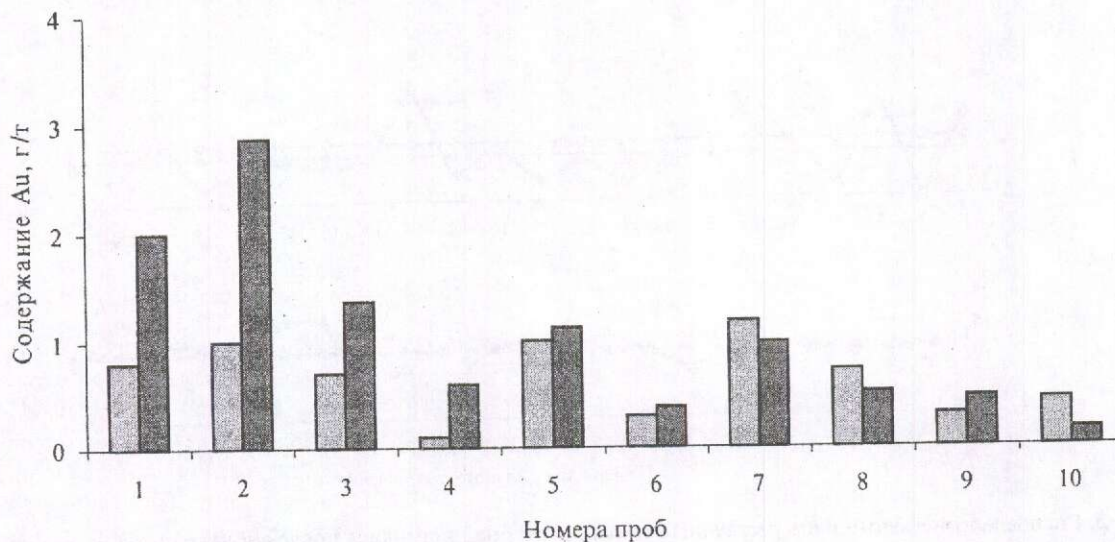


Рис. 4. Сопоставление содержаний золота в пробах по данным пробирного анализа (светлое) и рассчитанных по балансу гравитационного обогащения (темное)

**4. Содержания золота в керновых пробах
с предварительным шлиховым обогащением**

Интервал содержаний Au, г/т	№№ п/п	Содержание Au, г/т			Извлечение в шлиховой концентрат, %
		по данным атомно- абсорбционного анализа	по данным побирного анализа	расчетное по балансу шлихового обогащения	
>2	1	2,9	3	3,32	24,3
	2	3	2,8	2,9	12,4
	3	9,7	8,2	8,41	23,5
	4	5	4,6	5,3	29,7
	5	2,1	2	4,09	23,6
	6	3,5	5	5,85	26,8
	7	6,4	7	6,76	19,7
	8	3,4	1,74	1,75	7,3
	Среднее	4,5	4,29	4,8	
1-2	9	1,3	1,52	1,51	27,5
	10	1	2,2	0,87	37,1
	11	1,27	1,96	1,61	29,9
	12	1,7	2	2,32	40
		Среднее	1,32	1,92	1,58
0,5-1	13	0,79	0,84	1,03	28
	14	0,6	0,96	0,62	50,7
	15	0,94	1,54	3,65	3,3
		Среднее	0,78	1,11	1,77
0,1-0,5	16	0,45	0,5	0,47	16,8
	17	0,14	0,44	0,35	28,7
	18	0,37	1,12	1,1	20,3
	19	0,25	1,1	1,08	50,7
	20	0,17	0,2	0,39	56,2
	21	0,36	0,44	0,37	26,5
	22	0,22	0,3	0,57	25,3
	23	0,12	0,16	0,21	15,5
		Среднее	0,26	0,53	0,57
<0,1	24	0,039	0,2	0,16	16,9
	25	0,022	0,14	0,21	6,1
	26	0,065	0,14	0,3	9,7
	27	0,031	0,2	0,23	17
	28	0,088	0,2	0,31	30,7
		Среднее	0,049	0,176	0,242

При шлиховом обогащении отдельно от- квартовывалась глинистая фракция (<0,05 мм) хвостов. Сравнивая содержания золота в исходных пробах, хвостах обогащения и в глинистой фракции хвостов, видно (рис. 5), что в последних содержания золота существенно ниже, но в отдельных пробах они сопоставимы с содержаниями в исходной пробе, т.е. в них существенна доля очень мелкого золота.

Таким образом, исследуемая руда месторождения Дегдекан (участок Верный) при низких содержаниях золота характеризуется большими вариациями его гранулометрического состава. При определении содержаний золота необходимо учитывать как наличие относительно крупного золота, определяющего «эффект самородка», так и очень мелкого, неравномерно распределенного.

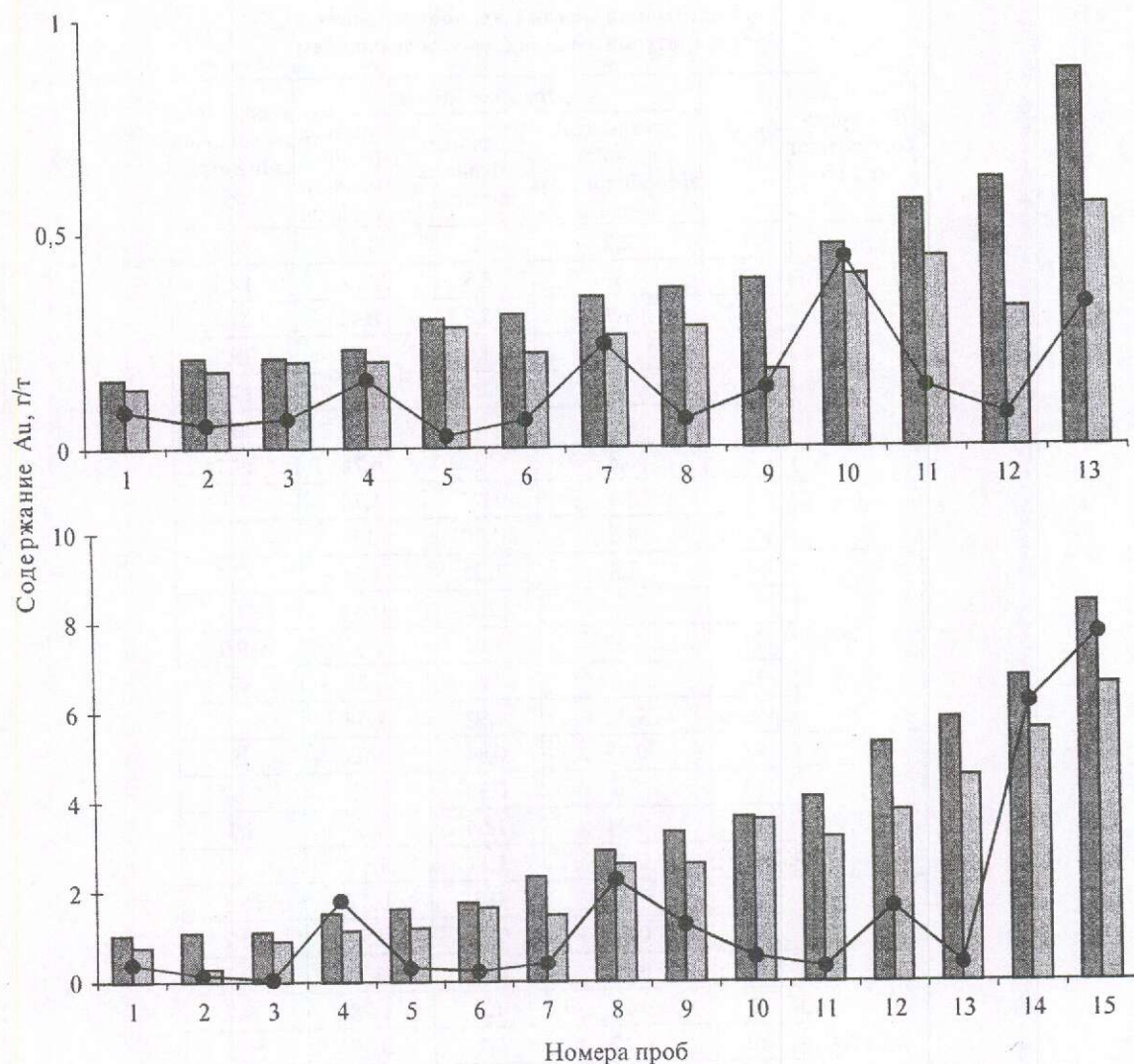


Рис. 5. Соотношение содержаний золота в ядерных пробах (темное), хвостах шлихового обогащения (светлое) и глинистых фракциях хвостов шлихового обогащения (линия)

Ранее в ЦНИГРИ были разработаны методика гравитационного выделения свободного золота из проб золотосодержащих песков и конгломератов при подготовке их к анализу [4], а также методика анализа продуктов с низким содержанием золота [3]. Первая рассчитана на предварительное выделение крупного золота, вторая основана на переводе в цианистый раствор мелкого, вскрытого в процессе измельчения. Обе разработанные методики достаточно трудоемки и не подходят для массового определения содержаний в ядерных пробах.

Из приведенных данных видно, что только предварительное обогащение ядерных проб может повысить достоверность определения в

них содержаний золота. Для решения данной проблемы нами была изучена возможность применения малогабаритной обогатительной установки ЦВК-100-2М, разработанной в ОАО «Грант» (концентратор центробежно-вибрационный). Он рассчитан на извлечение тяжелых металлов тонких и мелких классов и реализует гравитационные, центробежные и вибрационные способы обогащения.

Первоначально было проведено обогащение десяти ядерных проб массой ~500 г по двум циклам: обогащение пробы, дробленной до 1 мм; истирание хвостов до 200 меш; обогащение доизмельченных хвостов; определение содержаний во всех полученных продуктах. Полученные

5. Данные обогащения проб на ЦВК по двум циклам

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Содержание Au по данным атомно-абсорбционного анализа, г/т	3,00	9,70	0,45	0,44	0,11	0,36	0,11	0,14	0,039	0,022
<i>Первый цикл</i>										
Масса, г	450	595	581	619	520	610	557	600	705	590
исходной пробы концентрата	40,8	39,2	39,5	41,3	42,9	40,1	41,8	40,2	42,6	39,3
Вывод, %	90,94	93,41	93,20	93,33	91,75	93,43	92,50	93,30	93,96	93,34
концентрата	9,06	6,59	6,80	6,67	8,25	6,57	7,50	6,70	6,04	6,66
в отквартровке	8,80	5,00	1,10	0,66	0,84	0,46	0,80	0,84	0,84	0,68
В хвостах	5,80	4,60	2,20	1,60	0,40	0,16	0,82	0,34	0,28	0,28
в отсечке	7,30	4,80	1,65	1,13	0,62	0,31	0,81	0,59	0,56	0,48
среднее	7,39	69,82	1,63	7,37	2,09	1,05	2,88	1,72	0,92	0,41
В концентрате	9,1	50,7	6,7	31,7	23,3	19,2	22,3	17,2	9,6	5,7
Извлечение Au в концентрат, %	7,24	9,08	1,65	1,55	0,74	0,36	0,97	0,67	0,58	0,48
Расчетное содержание Au по циклу, г/т										
<i>Второй цикл (обогащение хвостов-1 после доизмельчения)</i>										
Масса, г	281	424	412	459	356	442	393	436	536	430
исходной пробы для цикла концентрата	40,4	46,7	44,0	47,1	47,3	45,8	46,5	46,7	51,0	46,7
Вывод, %	85,62	88,99	89,32	89,74	86,71	89,64	88,17	89,29	90,49	89,14
концентрата	14,38	11,01	10,68	10,26	13,29	10,36	11,83	10,71	9,51	10,86
В хвостах	4,00	2,60	0,74	0,40	0,52	0,52	0,58	1,72	0,80	0,60
в концентрате	37,60	31,10	3,65	4,26	0,74	0,98	1,42	2,78	1,80	3,85
Извлечение Au в концентрат, %	61,2	59,7	37,1	54,9	17,9	17,9	24,7	16,2	19,1	43,9
Расчетное содержание Au в хвостах-1, г/т	8,83	5,74	1,05	0,80	0,55	0,57	0,68	1,83	0,90	0,95
Суммарное извлечение Au по двум циклам, %	64,7	80,1	41,3	69,2	37,0	36,7	41,5	30,6	26,9	47,1
Расчетное содержание Au в пробе, г/т	8,70	9,96	1,09	1,24	0,68	0,60	0,85	1,82	0,90	0,91

результаты показали неэффективность обогащения данных проб на ЦВК при крупности дробления 1 мм. Извлечение золота в концентрат составило от 5,7 до 50,7% (табл. 5). Обогащение доизмельченного материала позволило существенно улучшить данный показатель (рис. 6). Кроме того, данные пробы проверялись на однородность содержания золота в хвостах.

Для этого проводились два параллельных определения: в отсечке хвостов, взятых в обоганительном цикле, и в отквартровке от всей массы полученных хвостов. Полученные данные (см. рис. 6) показали, что содержания золота в хвостах отличаются достаточной степенью неоднородности, поэтому для увеличения достоверности необходимо обогащать пробы с сохранением

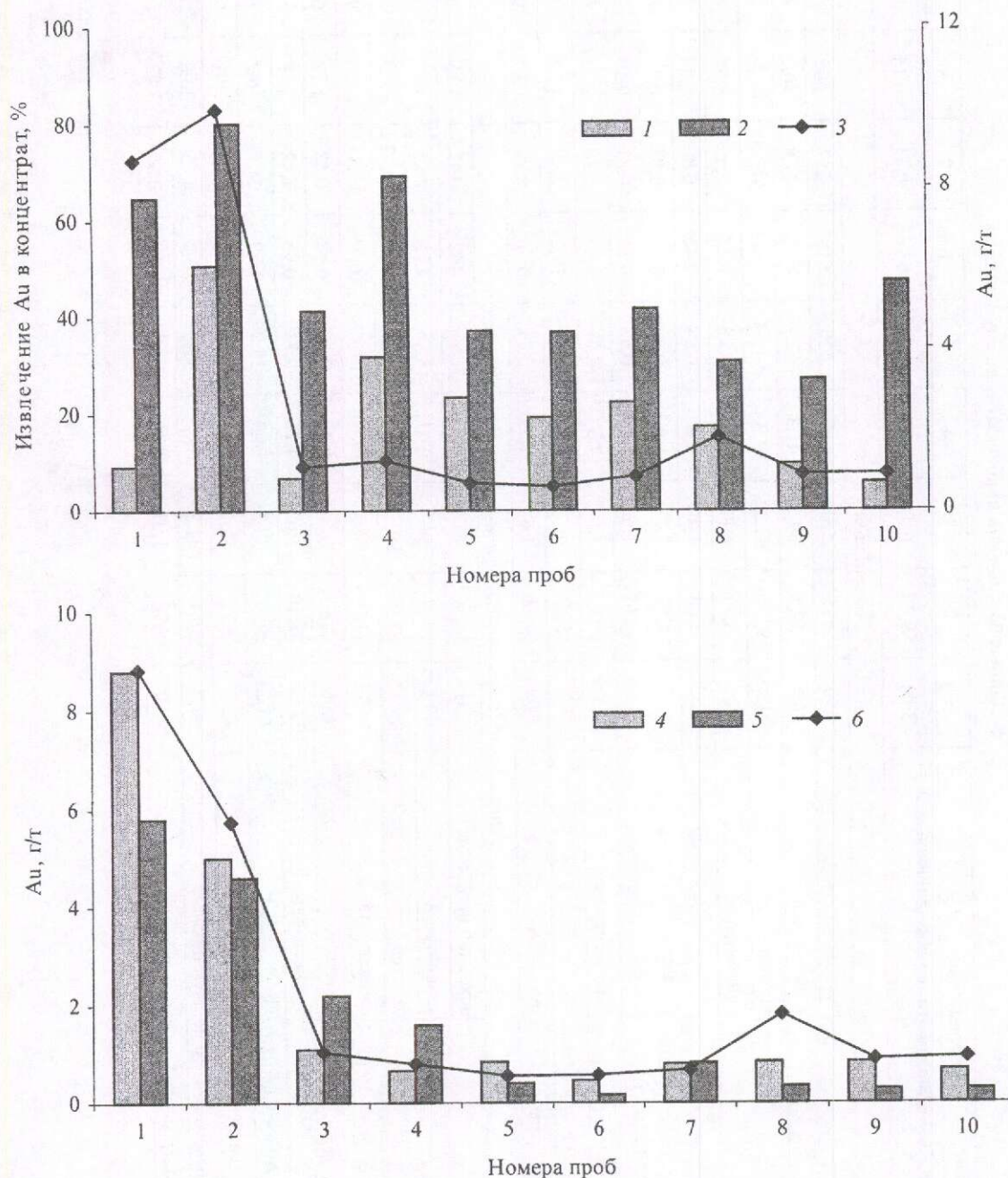


Рис. 6. Параметры обогащения проб на ЦВК по двум циклам:

1 — извлечение по первому циклу; 2 — суммарное извлечение по двум циклам; 3 — содержание Au в пробах; 4 — содержание в хвостах по данным пробирного анализа; 5 — содержание в отсечке хвостов по данным пробирного анализа; 6 — расчетное содержание по балансу второго цикла обогащения

всей массы хвостов и последующим определением содержания в отквартовке.

Керновые пробы в количестве 39 были обогащены по выработанной оптимальной схеме (рис. 7). Полученные данные приведены в табл. 6. При содержаниях золота по данным опробования <1 г/т полученные расчетные данные оказались существенно выше (рис. 8), а при более высоких содержаниях наметилась тенденция к увеличению.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы.

При опробовании прожилково-вкрапленных руд месторождения Дегдекан систематически занижаются содержания золота. Определения атомно-абсорбционным анализом занижены по сравнению с пробирным. Содержания золота, рассчитанные по балансу гравитационного обогащения представительных проб, существенно выше данных пробирного анализа. Таким образом, правомерно поставить вопрос о введении предварительных ранжированных (по клас-

сам содержаний золота) поправочных коэффициентов для результатов опробования, выполненного по традиционной методике: для проб с содержаниями Au <0,1 г/т — 10; 0,1–0,5 г/т — 3; 0,5–1,0 г/т — 2; >1,0 г/т — 1,3.

Причины занижения содержаний:

наличие крупного (>0,5 мм) самородного золота с крайне неравномерным распределением; неравномерное распределение тонкого золота в сульфидах и углистом веществе;

физико-химические свойства вмещающих пород: при дроблении и истирании руд из-за пластичности углистых сланцев не происходит необходимая дезинтеграция самородного золота, что является причиной крайне низкой степени гомогенизации золота в пробах;

непредставительность навески исследуемого материала: для руд с низкими содержаниями и наличием крупного золота представительна навеска в 1–1,5 кг (для пробирного анализа используется навеска 25–50 г, атомно-абсорбционного — 2 г).

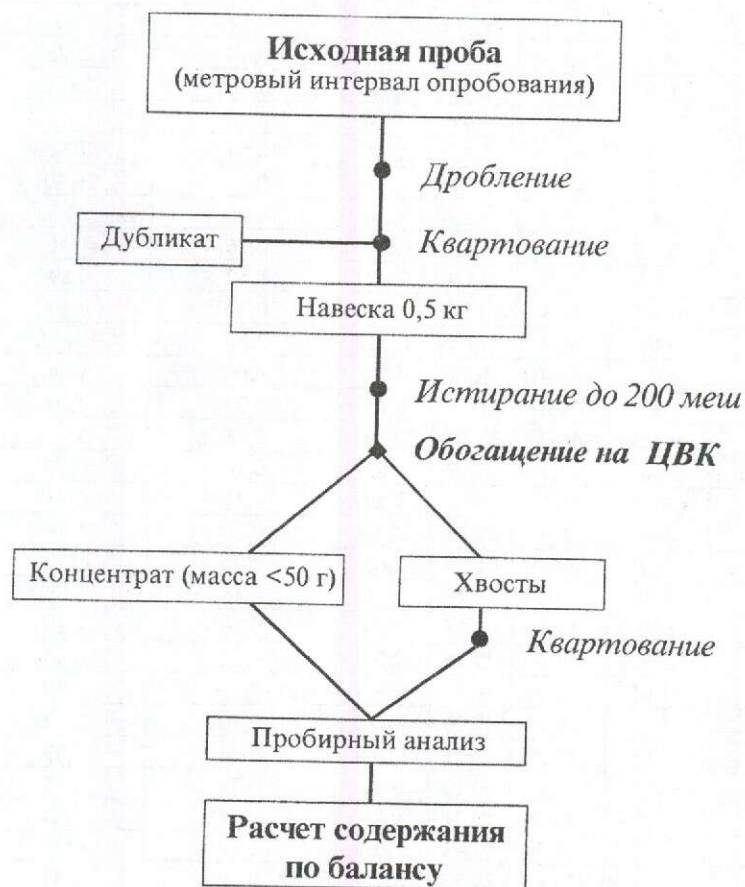


Рис. 7. Схема предварительной обработки проб

6. Содержания золота в керновых пробах с предварительным обогащением их на ЦВК

№ № п/п	Содержание Au, г/т *	Масса, г		Выход, %		Содержание Au по данным пробирного анализа, г/т		Извлечение Au в кон- центрат, %	Расчетное содержание Au в пробе, г/т
		исходной пробы	концент- рата	хвостов	концент- рата	В хвостах	В концентрате		
1	3,00	450		77,86	22,14	4,00	25,23	64,7	8,70
2	9,70	595		83,13	16,87	2,60	46,23	80,1	9,96
3	0,45	581		83,25	16,75	0,74	2,83	41,3	1,09
4	0,44	619		83,75	16,25	0,40	5,57	69,2	1,24
5	0,11	520		79,56	20,44	0,52	1,30	37,0	0,68
6	0,36	610		83,75	16,25	0,52	1,01	36,7	0,60
7	0,11	557		81,56	18,44	0,58	2,04	41,5	0,85
8	0,14	600		83,31	16,69	1,72	2,32	30,6	1,82
9	0,039	705		85,02	14,98	0,80	1,47	26,9	0,90
10	0,022	590		83,20	16,80	0,60	2,45	47,1	0,91
11	0,012	615	40,8	93,37	6,63	0,22	0,25	7,5	0,22
12	0,019	514	44,2	91,40	8,60	0,34	2,27	38,6	0,51
13	5,00	518	42,9	91,72	8,28	1,76	40,00	67,2	4,93
14	0,12	530	43,5	91,79	8,21	0,38	0,41	8,8	0,38
15	0,052	509	40,6	92,02	7,98	0,20	0,99	30,0	0,26
16	0,072	598	40,1	93,29	6,71	0,32	1,29	22,5	0,39
17	0,065	606	43,5	92,82	7,18	0,52	0,55	7,6	0,52
18	0,10	530	43,1	91,87	8,13	0,40	1,21	21,1	0,47
19	0,29	531	45,3	91,47	8,53	0,36	3,32	46,2	0,61
20	0,10	516	42,8	91,71	8,29	0,12	1,17	46,80	0,21
21	0,15	497	42,9	91,37	8,63	0,18	2,80	59,50	0,41
22	0,054	518	41,6	91,97	8,03	0,08	2,40	72,40	0,27
23	0,043	497	45,2	90,91	9,09	0,28	0,81	22,40	0,33
24	0,28	541	44,8	91,72	8,28	0,54	2,22	27,10	0,68
25	2,40	605	47,1	92,21	7,79	0,68	16,70	67,50	1,93
26	0,14	546,5	45,4	91,69	8,31	0,06	1,05	61,30	0,14
27	0,27	390,5	41,0	89,50	10,50	0,16	1,41	62,30	0,24
28	0,037	540,5	42,8	92,08	7,92	0,52	0,89	12,80	0,55
29	0,023	555,5	42,3	92,39	7,61	0,36	0,49	10,10	0,37
30	33,00	530	46,7	91,19	8,81	2,80	314,10	91,60	30,20
31	0,74	417	42,9	89,71	10,29	0,06	1,86	78,30	0,25
32	1,00	506,5	44,3	91,25	8,75	0,24	4,50	64,30	0,61
33	0,35	585,5	46,7	92,02	7,98	0,28	5,15	61,50	0,67
34	0,063	506	44,7	91,17	8,83	0,10	0,69	40,10	0,15
35	0,18	486,5	46,1	90,51	9,49	0,12	0,99	46,40	0,20
36	0,76	465	50,3	89,18	10,82	0,30	5,96	78,30	0,82
37	0,95	562	48,6	91,35	8,65	0,08	11,70	93,30	1,09
38	0,37	520	50,7	90,25	9,75	0,16	2,75	65,00	0,41
39	0,37	620	51,4	91,71	8,29	0,16	4,28	70,70	0,50
40	0,25	526	48,6	90,76	9,24	0,12	6,80	85,20	0,74
41	0,16	464,5	48,9	89,47	10,53	0,16	3,89	74,10	0,55
42	0,47	409	49,5	87,90	12,10	0,30	7,27	76,90	1,14
43	3,40	462,5	52,2	88,71	11,29	0,44	4,02	53,80	0,84
44	0,24	536,5	53,1	90,10	9,90	0,28	3,95	60,80	0,64
45	0,27	535	49,7	90,71	9,29	0,14	4,23	75,60	0,52
46	2,10	436,5	48,3	88,93	11,07	0,54	19,70	82,00	2,66
47	0,39	520	53,4	89,73	10,27	0,10	3,57	80,30	0,46
48	0,25	492,5	52,7	89,30	10,70	0,30	2,67	51,60	0,55
49	0,20	496,5	49,8	89,97	10,03	0,10	1,71	65,60	0,26

* Содержание Au по данным атомно-абсорбционного анализа.

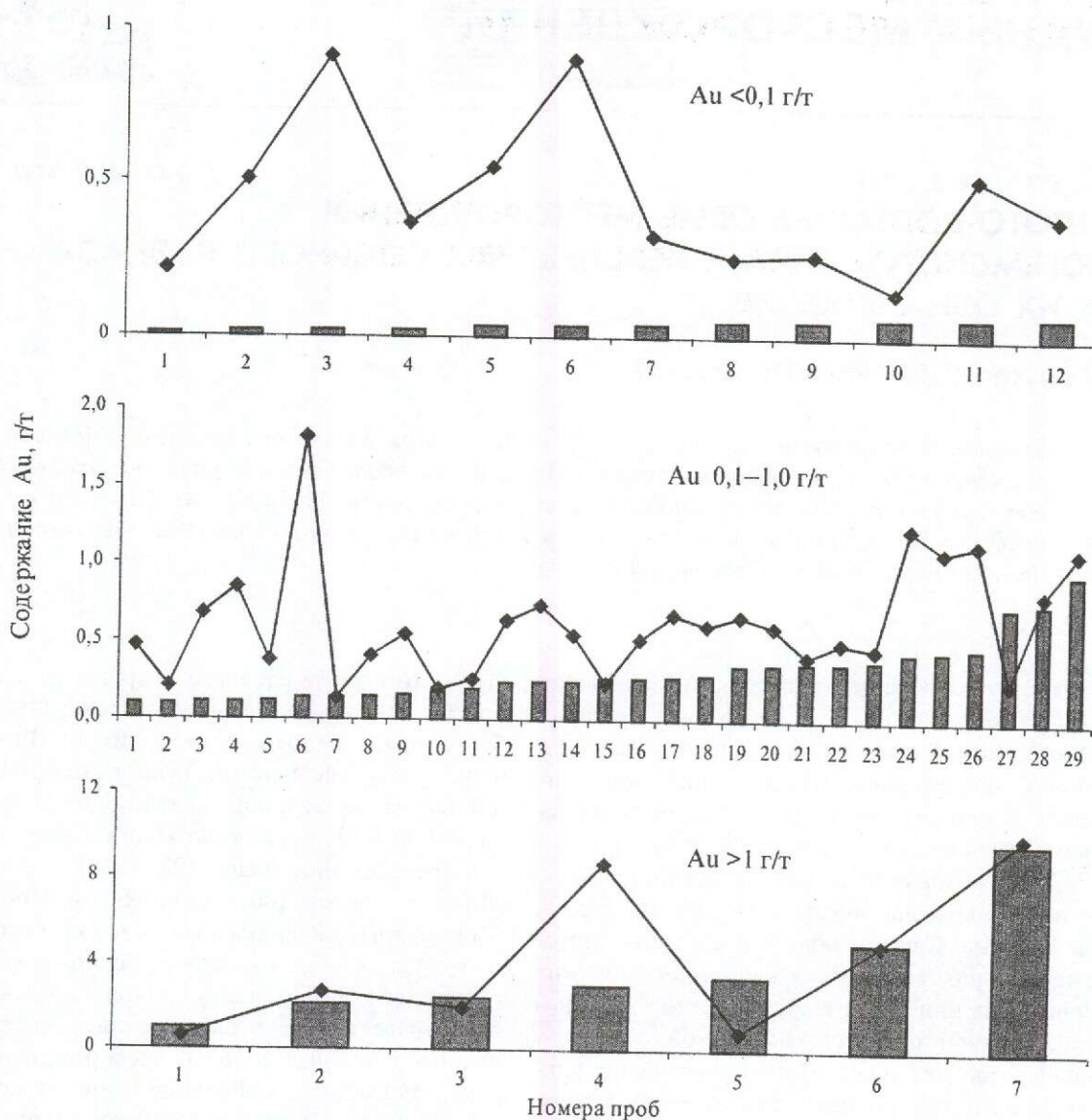


Рис. 8. Сравнение данных опробования керна (темное) с расчетными по балансу обогащения на ЦВК (линия) для различных интервалов содержаний

Для устранения фактора неоднородности распределения крупного и мелкого самородного золота предлагается в пробах керна из рудного интервала содержание золота рассчитывать после предварительного их обогащения по предложенной схеме.

Авторы благодарят за помощь в постановке задачи и всестороннюю поддержку заведующего отделом ЦНИГРИ М.М.Константинова и начальника управления МПР РФ Б.К.Михайлова. Авторы признательны бывшему руководителю геологоразведочных работ компании «БиЭйчПи» А.Эдвардсу, который впервые обратил внимание на перспективы выявления крупнообъемного месторождения в Дегдеканском рудном поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленов В.И. Методика исследования золото- и серебросодержащих руд. – М.: Недра, 1989.
2. Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы — объекты XXI века / Б.К.Михайлов, Ю.В.Прусс, С.В.Волков и др. // Золотодобывающая промышленность России. Проблемы и перспективы. М., 2001. С. 23–28.
3. Методика анализа продуктов с низким содержанием золота. – М.: ЦНИГРИ, 1966.
4. Методика гравитационного выделения свободного золота из проб золотосодержащих песков и конгломератов при подготовке их к анализу. – М.: ЦНИГРИ, 1970.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.411.463. (479)

© Б.Я.Вихтер, 2004

ЗОЛОТО-ВОЛЬФРАМОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БОГЕМСКОГО» ТИПА И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА НА ИХ ОБНАРУЖЕНИЕ

Б.Я.Вихтер (ЦНИГРИ МПР России)

Золото-вольфрамовые месторождения «богемского» типа, выявленные в Чехии, размещаются в метаморфических породах, достигают больших размеров, характеризуются тонким золотом и геохимической ассоциацией Au-W-As-Bi. По ряду предпосылок и признаков золоторудной минерализации подобные объекты могут быть обнаружены на Северном Кавказе.

При существующей конъюнктуре на рынке вольфрамового сырья отработка даже крупных месторождений зачастую оказывается нерентабельной. Извлечение из руд дополнительно комплекса металлов может обеспечить экономическую целесообразность их отработки.

Среди комплексных месторождений известны золото-вольфрамовые и вольфрамсодержащие золотые. Как правило, это жильные месторождения, размещающиеся в металлогенических провинциях или зонах с существенно золотой и вольфрамовой рудно-геохимической специализацией. Так, для Южно-Тяньшаньской провинции характерны крупные золотые (Мурунтау, Амантайтау, Даугыз и др.) и вольфрамовые (Ингичке, Койташ, Лянгар и др.) месторождения. К золото-вольфрамовому типу следует отнести месторождения Мюнтенбай, руды которого содержат до 0,1% WO₃, Мурунтау (0,01–0,1% WO₃), Джиллао (0,01–0,2% WO₃), Чармитан (0,01–0,1% WO₃). В Тяньшаньской провинции на северо-востоке Китая в рудах некоторых золотых жильных месторождений (Нюксиншан, Хуаджиан) содержание вольфрама составляет 0,02%, достигая иногда 0,17% [20]. В золотых жильных и штокверковых месторождениях Северо-Казахстанской провинции в отдельных жилах содержания WO₃ достигают 1% (Жолымбет) и даже 2–5% (Степняк), а руды обычно содержат 0,01% W [14].

В Центральной Европе в зоне герцинид и на выступах домезозойского основания альпид известны вольфрамовые и золотые месторожде-

ния, в том числе среднего и крупного масштабов. Среди вольфрамовых месторождений к наиболее крупным относятся Сало во Франции, Фербертал, Клейпертал, Тукс в Австрии, Ясени-Кисла в Словакии; среди золотых — Салсинь (более 100 т Au) во Франции, Высокий Тауэрн (отработано; более 100 т Au) в Австрии, Мокрско (свыше 100 т Au) в Чехии. Последнее было открыто в начале 80-х годов прошлого века в, казалось бы, хорошо изученном горнорудном районе, в 50 км к югу от Праги. Здесь давно были известны и отработывались небольшие кварцево-жильные золотые месторождения (Йилове, Штеховице, Кейсовице и др.) со средним содержанием Au от 3–4 до 10 г/т. Новые представления об источнике золота и генезисе золоторудной минерализации [22] привели к открытию новых большеобъемных месторождений (Мокрско, Челина) со средним содержанием Au по рудным телам 1,5–2,5 г/т. В южном районе Чехии, где с древних времен отработываются золоторудные месторождения (Кашперски горы) и россыпи золота, установлен пологопадающий стратиформный характер размещения золотой и вольфрамовой минерализации, ранее считавшийся крутопадающим секущим.

Эти открытия последних лет в Чехии, сравнительно детально изученные и описанные в ряде публикаций [18, 21–23], позволяют наметить три геолого-промышленных типа золото-вольфрамовых месторождений, прогнозирование и поиски которых могут быть предусмотрены в других регионах. Их проведение более эффек-

тивно при учете геолого-структурной позиции и признаков моделей (табл. 1) типовых объектов. По структурно-морфологическому характеру рудных тел, составу вмещающих пород и некоторым особенностям вещественного состава руд, прежде всего, по характеру золота, выделены геолого-промышленные типы:

линейные кварцевые штокверки в гранодиоритах и ближайшей зоне ороговикованных пород (Западный Мокрско, или Мокрско);

линейные секущие кварцевые штокверки в вулканогенно-туфогенных породах (Челина);

субпослойные зоны окварцевания в гнейсах и мигматитах (Кашперски горы).

Все рассматриваемые типовые объекты размещаются в Центральной Богемии на территории Чехии. Рудное поле Челина-Мокрско приурочено к поясу Йилове, протягивающемуся в северо-восточном направлении на 70 км при ширине 6 км (рис. 1). Пояс сложен верхнедокембрийскими породами, включающими вулканогенно-осадочные комплексы с вулканитами толеитового и известково-щелочного трендов, с

преобладанием Na над K. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций регионального метаморфизма. Пояс Йилове представляет собой трогообразный провис кровли Центрально-Богемского плутона. Последний сложен биотит-амфиболовыми гранодиоритами, кварцевыми диоритами и тоналитами с $Na_2O > K_2O$ (ранний комплекс), биотитовыми и двуслюдными гранодиоритами, гранитами (поздний комплекс). Возраст пород раннего комплекса около 360 млн. лет, позднего, по разным данным, — от 340 до 280 млн. лет.

Рудоносная зона Кашперски горы находится в блоке Молданубикум и имеет северо-западное направление. Она приурочена к границе двух групп кристаллических пород Монотонус и Вარიид. Судя по названию, группы различаются степенью литологической разнородности разрезов. Преобладают биотитовые парагнейсы с силлиманитом в различной степени мигматизированные. Присутствуют также роговообманковые и графитовые гнейсы, кварцитогнейсы. По-

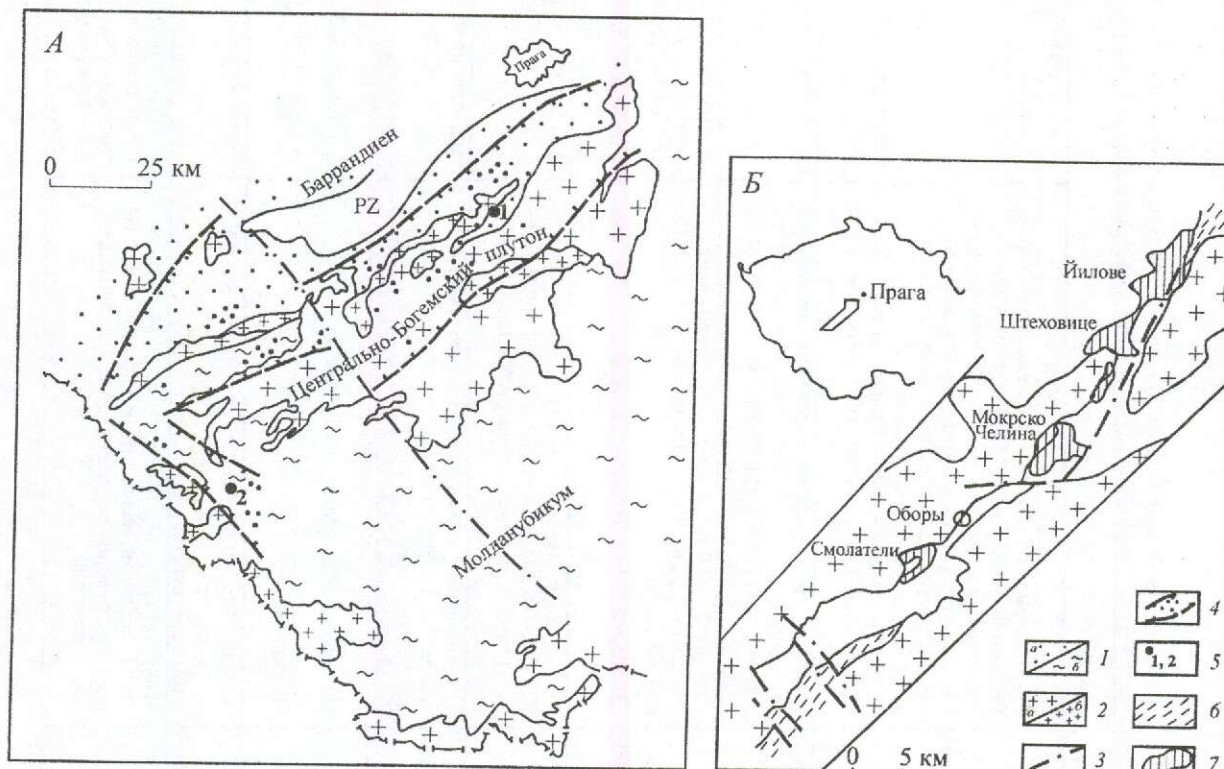


Рис. 1. Размещение золотых месторождений Богемии (А) и пояса Йилове (Б), по [22] с изменениями:

1 — докембрийские метаморфические породы супраструктуры (а), гнейсы и мигматиты инфраструктуры (б); 2 — гранитоиды раннего (а) и позднего (б) комплексов; 3 — зоны разломов глубокого заложения; 4 — зоны обладающего распространения золотых месторождений и рудопроявлений; 5 — рудные поля (1 — Челина-Мокрско, 2 — Кашперски горы); 6 — верхнепротерозойские осадочные породы; 7 — площади с золоторудной минерализацией

1. Признаковая модель золото-вольфрамовых месторождений Богемского массива

Типовые объекты			
Элементы модели (признаки)	Западное Мокреско	Челяна и Восточное Мокреско	Кашперски горы
Минеральный состав руд	<p>≤1% сульфидов, преобладает арсенопирит, характерны пирит, пирротин, MoS₂, шешлит, редко встречаются висмут, мальдонит, Bi самородный, холденит, жозеит, тетрадимит. Наиболее тесная связь золота с арсенопиритом, висмутовыми и висмут-теллуровыми минералами.</p> <p>Среди жильных резко преобладает кварц, характерны кальцит, плагиоклаз, сфен, редки амфибол, биотит</p>	<p>То же, что и для Западного Мокреско.</p> <p>Среди редких отмечен аурустибит</p>	<p>~1% сульфидов, преобладают пирит и арсенопирит, отмечаются пирротин, MoS₂, редки висмутовые и висмут-теллуровые минералы. В части жил присутствует шешлит.</p> <p>Среди жильных преобладает кварц, в малом количестве встречаются плагиоклаз, амфибол</p>
Текстура руд, морфология рудоносной структуры	<p>Жильная, жильно-прожилковая, тонкопрожилковая; зона (ширина 100–200 м) развития субпаралельных жил (до 0,5 м) и прожилков (от долей до нескольких миллиметров)</p>	Аналогично Западному Мокреско	Жильная, жильно-прожилковая; субпоследней зоны дробления и расщепления (субпоследней кварцево-жильные зоны)
Содержания золота в рудных телах; полупные промышленные компоненты	<p>Среднее 1,5–2,0 г/т. В 1-метровых бороздочных пробах от 0,2 до 30 г/т. Содержания W от 0,0015 до 0,02 %</p>	<p>В стратиформных прослоях (перечисленных к секциям рудным структурам) на месторождении Челябинского W 0,05–0,5%</p>	<p>По отдельным пробам от 0,1 до 100 г/т, среднее по жилам от 1 до 10 г/т; шешлит образует самостоятельные субпоследней скопления с содержанием W от 0,1 до 2%, при среднем 0,4%, содержание Au в шешлитовых телах не превышает 0,3 г/т</p>
Особенности самородного золота	<p>Тонкое: до 30 мкм, чаще менее 10 мкм, проба 970–1000%. Малый коэффициент вариации (60–80%) свидетельствует о равномерно распределенном и тонком золоте</p>	Аналогично Западному Мокреско	<p>Преимущественно мелкое и тонкое, изредка до 0,1 и 1 мм, проба >900</p>
Геохимический характер руд	<p>Типоморфные рудосопровождающие элементы: Au, As, Bi, W, Mo; характерные, связанные с наложенными (поздними) процессами: Ag, Pb, Sb, Zn; корреляция(?) Au с As и Bi</p>	Аналогично Западному Мокреско	Аналогично Западному Мокреско
Размеры рудных тел	<p>По борту 1 г/т: L 600 м, m 100 м, h 500 м</p>	L 400 м, m 5–20 м, h 400 м	<p>Мощность последующих кварцево-жильных зон 1–12 м, протяженность ≥200 м</p>
Морфология рудных тел	Линзообразная	Плито- и линзообразная	Плитообразная
Соотношение сложности	<p>Большая часть руды находится в гранодиоритовом массиве; в экзоконтакте гранодиоритового массива — секущее</p>	Резко секущее	Субпоследней
Околорудные изменения	<p>Микроскопически улавливаемая микролинзация. С поздними наложенными процессами связаны хлоритизация, серицитизация, артиллизация (каолинизация)</p>	<p>Узкие (до нескольких мм) оторочки амфибола и биотита у кварцевых жил; такие же небольшие постзолотые(?) изменения</p>	Слабопроявленная хлоритизация

Состав рудовмещающих пород	Биотит-амфиболовые гранодиориты, ороговивающие туфы дацитов с прослоями кислых лав	Туфы среднего и основного состава с прослоями лав, туфы кисло-среднего состава с прослоями кислых лав, вулканы среднего-основного состава, на глубине — альбитовые граниты	В различной степени мигматизированные биотитовые с силлиманитом парагнейсы, реже роговообманковые с гранитом гнейсы, кварцито-гнейсы, лентиниты, известково-силикатные породы (скарны)
Степень регионального метаморфизма	Магматы — 360–330 млн. лет [18, 23], 360–280 млн. лет [21]	Эпидот-амфиболовая и низкие ступени амфиболовой фации	Амфиболитовая
Возраст рудовмещающих толщ	330–360 млн. лет [18, 23], 280–360 млн. лет [21]	Поздний протерозой	Протерозой
Возраст золотого оруденения	На вертикальном интервале в 500 м выклинивание с глубиной кварцево-жильной зоны и содержания золота; повышение содержания W от 0,0015% на поверхности до 0,02% на глубине 7400 м; повышение содержания мышьяка с приближением к гранодиоритам; уменьшение мощности рудонесных зон при удалении от контакта гранодиоритов в породы рамы	Аналогично Западному Мокреско	360 млн. лет (?)
Зональность	Три группы ГЖВ: 1. Ранние широтной ориентировки в кварцевых прожилках с арсенопиритом и золотом и в кварцевых зернах в гранодиоритах; состав: CO_2 , $CH_4+N_2-H_2O-NaCl$, $T_{пл.} CO_2$ 6–9°C (мода 7,5°C), $T_{гом.} CO_2$ 19–30°C (мода 28°C), $T_{гом.} общ.$ 330±20°C; CO_2 — главный компонент флюида 2. Наложенные на кварцевые прожилки и кварцевые зерна гранодиоритов, широтной ориентировки; состав флюида во многом сходен с 1-й группой, основное отличие — меньше H_2O 3. Поздние, субмеридиональной (0–30°) ориентировки, низкосолёные — 1–9% NaCl, $T_{пл.} льда$ от –4,5 до –6°C (мода –1,5 и –4,5°C), $T_{гом.}$ 140–300°C (мода 200 и 290°C)	Увеличение мощности рудонесных зон с приближением на глубине к гранодиоритам и в гранодиоритах	В пределах единых стратоконтаксов ниже золотой
Изучение ГЖВ			
Изотопия кислорода, $\delta^{18}O_{\text{‰}}$	Средние данные, полученные по кварцу, биотиту, амфиболу из золотоносных кварцевых жил: 5,5–10,3‰ (мода 6–7‰)		
Давление во флюиде	Ранняя стадия около 2,7 кбар, поздняя — 1–1,5 кбар		

руды прорываются телами биотитовых и двуслюдяных гранитов, имеющих возраст 280–300 млн. лет.

Месторождение Мокрско (рис. 2) приурочено к широтной крутопадающей зоне расщепления мощностью более 200 м и протяженностью более 1,5 км. Зона на западе пересекает гранодиориты Центрально-Богемского массива, а на востоке под прямым углом к простиранию — туфогенно-вулканогенную толщу. Размер рудных тел при переходе из гранитоидов во вмещающие сланцы уменьшается. Оруденение в гранодиоритах и ближайшей экзоконтактной зоне составляет месторождение Западное Мокрско, в котором сосредоточена преобладающая часть запасов золота. Восточное Мокрско размещается в единой с Западным Мокрско зоне разрывов, контролирующей широтный пояс порфир-порфиритовых даек, и отстоит от контакта с гранодиоритами на 500–1000 м. Месторождение Челина также локализуется в широтной разрывной зоне среди туфогенно-вулканогенных пород, на расстоянии 300–800 м от контакта с гранодиоритами. Последние вскрыты на глубине 250 м; оруденение в гранодиоритах продолжается.

Месторождение Кашперски горы располагается в одноименном золотоносном районе, в котором интенсивные разработки велись еще в средние века (рис. 3). Геолого-поисковыми работами выявлены рудные зоны протяженностью до 5 км при ширине до нескольких сотен метров. Зоны представляют собой в различной степени расщепленные и милонитизированные породы, развивающиеся субпараллельно сланцеватости кристаллического комплекса. Золотая минерализация связана с субогласными кварцевыми жилами и прожилками. Мощность рудоносных кварцевых зон колеблется от 1 до 12 м, по данным бурения они прослеживаются до глубины 400 м.

На основе данных табл. 1 могут быть разработаны прогнозно-поисковые комплексы применительно к конкретным регионам. При этом нужно учитывать некоторые особенности золоторудной минерализации рассматриваемых типов.

Для типа Мокрско характерно преобладание тонкого золота, аккумуляция которого в аллювии, как правило, не происходит и за счет которого аллювиальные россыпи не образуются. Для типа Кашперски горы крупное золото также не характерно, но в целом оно крупнее золота типа Мокрско. Видимо, с этим связано широкое развитие обрабатываемых в прошлом рос-

сыпей золота в районе Кашперски горы и практически отсутствие их в районе Мокрско.

На рудоносных площадях всех типов наиболее устойчивой геохимической ассоциацией является Au–W–As–Bi. Однако часто происходит смещение металлотрических аномалий этих элементов относительно друг друга на сотни метров и до первых километров. Даже если аномальные поля этих элементов обусловлены единым рудным объектом, они могут быть разобщены как в силу различной миграционной способности в эндогенных и особенно в экзогенных условиях, так и вследствие зонального размещения максимальных их концентраций. Например, максимальные концентрации шеелита относительно золота располагаются ближе к корневой части рудно-магматических систем. Мышьак в повышенных количествах отмечается обычно в приконтактных участках рудообразующих гранитоидных тел [9], поэтому на месторождении Западное Мокрско он образует в почвах концентрации >500 мг/т, а на месторождениях Восточное Мокрско и Челина — менее 200 мг/т [22].

На объектах типа Кашперски горы субпараллельные рудолокализирующие структуры, контролирующие отдельно руды золота и вольфрама в единых рудоносных зонах, могут быть разобщены на расстоянии до нескольких десятков метров.

В целом под золото-вольфрамовыми месторождениями «богемского» типа выделяются крупнообъемные месторождения преимущественно с тонким золотом, характеризующиеся геохимической ассоциацией Au–W–As–Bi и размещающиеся в толщах метаморфических пород с участием метабазитов.

На Северном Кавказе имеются предпосылки выявления и признаки золото-вольфрамовых месторождений. Предпосылки основаны на достаточно большом сходстве геотектонической позиции, геологического строения и металлогении Северо-Кавказской провинции с провинциями Центральной Европы и, прежде всего, с Богемским (Чешским) массивом и Низкими Татрами.

Золото-вольфрамовые месторождения Богемии размещаются в двух геотектонических обстановках: в блоке Молданубикум, сложенном верхнепротерозойскими мигматит-гнейсовыми комплексами, представляющими инфраструктуру догерцинского основания (объекты типа Кашперски горы) и в супраструктуре догерцинид среди верхнепротерозойских метаморфитов зоны Баррандиен (месторождения типа Мокрско и Челина). На Северном Кавказе многие геологи

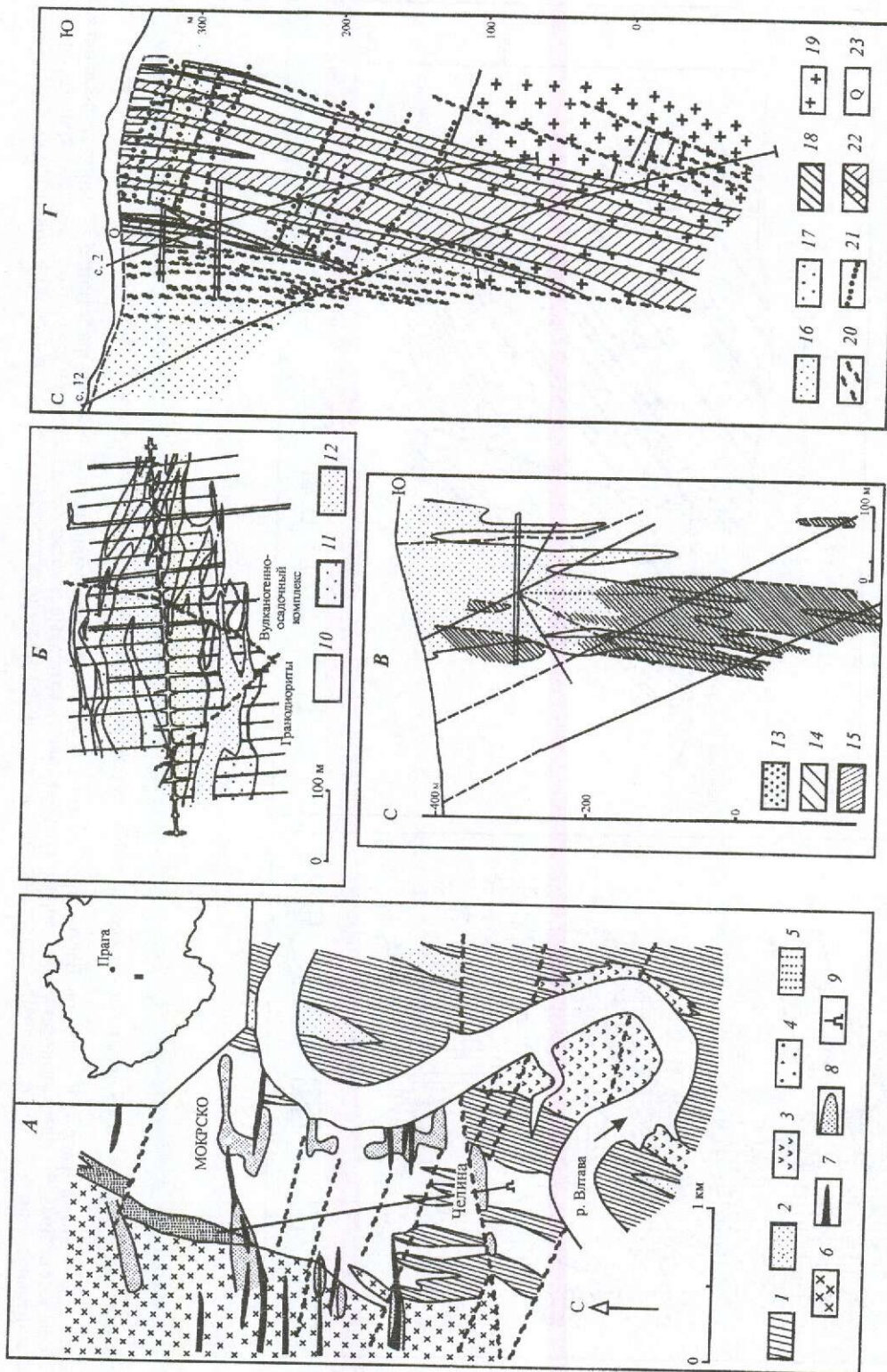


Рис. 2. Рудное поле Челина-Мокреско (А), морфология рудного тела (Б), распределение золота и вольфрама в руде (В) месторождения Мокреско, поперечный разрез месторождения Челина (Г), по [22, 23]:

1 — вулканиты основного состава; 2 — вулканиты кислого состава; 3 — плагнограниты; 4 — туфы; 5 — сланцы; 6 — гранодиориты; 7 — дайки; 8 — золотая минерализация; 9 — штольня; содержание Au, г/т: 10 — <0,5, 11 — 0,5-1,0, 12, 13 — >1,0; содержание W, ppm: 14 — 15-20, 15 — >200; 16 — туфы кислого и смешанного состава с прослоями кислых лав; 17 — вулканогенно-осадочная толща (туфы смешанного состава с прослоями лав); 18 — вулканиты смешанного и основного состава; 19 — альбитовые граниты (плагнограниты); 20 — сбросы; 21 — стратиформные прослои шеелитовой минерализации; 22 — золото-кварцевые штокерки; 23 — четвертичные наносы

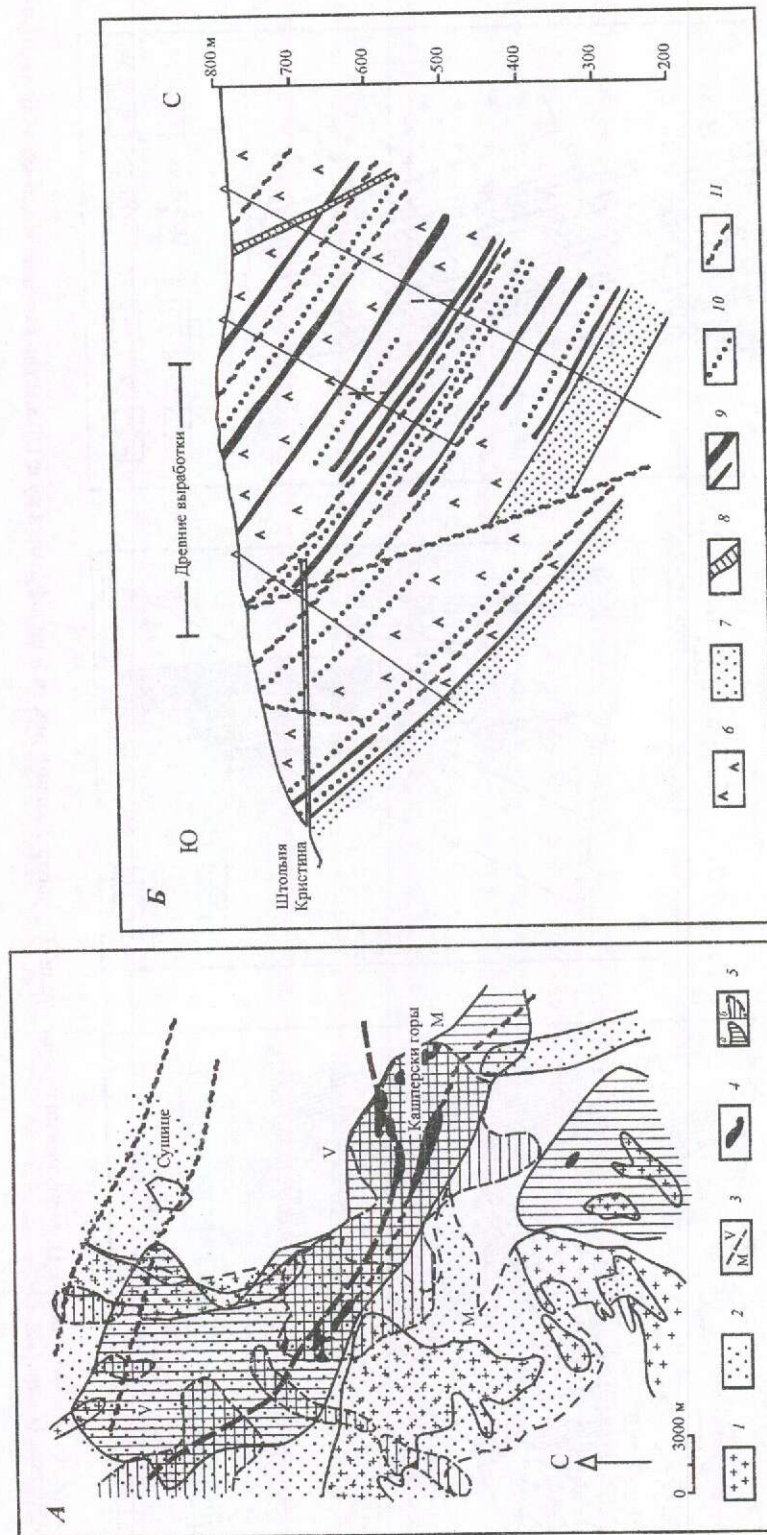


Рис. 3. Размещение золота и шелига в металлогенической зоне Кашперски горы (А) и поперечный разрез через основную рудную зону (Б), по [22]:
 1 — гранитонды; 2 — мигматизация; 3 — группы Варрид и Монотонус; 4 — золотая минерализация (древние выработки); 5 — площади по данным шлиховых поисков (а — золотоносные, б — шелитоносные); 6 — мигматизированные биотитовые гнейсы; 7 — кварциты и кварцитогнейсы; 8 — гранит-порфиры; 9 — зоны золотой минерализации; 10 — известково-силикатные породы с шелитовой минерализацией; 11 — зоны разрывов и милонитизации

вслед за Г.И.Барановым [1] в составе допалеозойских метаморфитов выделяют инфраструктуру и супраструктуру [4, 6, 8]. К инфраструктуре отнесены породы гондарайского комплекса, претерпевшие интенсивный метаморфизм вплоть до ультраметаморфических преобразований в мигматитовых ядрах. В гнейсах и палеосоме широко развита биотит-силлиманитовая

комплекс, в составе которого преобладают гранодиориты и плагиограниты, со второй — уллукамский, представленный преимущественно двуслюдяными гранитами. Породы белореченского комплекса являются предорогеными [10, 17] и относятся к первой фазе «гранитов Главного хребта», а уллукамского — орогенными и принадлежат ко второй фазе. Некоторые срав-

2. Сопоставление некоторых характеристик гранитоидных ассоциаций Большого Кавказа и Богемии

Характеристики	Ранние ассоциации		Поздние ассоциации	
	Белореченский комплекс Северного Кавказа	Тоналит-гранодиоритовый комплекс Богемии	Уллукамский комплекс Северного Кавказа	Гранодиорит-гранитный комплекс Богемии
Состав	Гранодиориты, плагиограниты, плагиолейкограниты	Кварцевые диориты, гранодиориты, тоналиты	Биотитовые и двуслюдяные граниты	Биотитовые, двуслюдяные, мусковитовые, лейкократовые граниты
Абсолютный возраст, млн. лет	400–500 [6] 280–360 [7]	360 [22] 325–360 [16]	301–308 [5] 283–295 [2] 308–368 [6]	280–300 [22] 290–308 [16]
Температура кристаллизации, °С		700–800 [16]	665–750 [2]	650–770 [16]
Тип родоначальной магмы	J+S [12]	S [15]	S [15]	S [15]

ассоциация [6]. Среди рудовмещающих пород района Кашперски горы наиболее распространены биотит-силлиманитовые гнейсы [22], что также подчеркивает сходство двух регионов. К супраструктуре догерцинид Северного Кавказа отнесены метаморфиты буульгенской и макерской серий, а также их аналоги, выделенные под другими названиями в разных местах региона. Породы супраструктур Баррандиена и Большого Кавказа представлены вулканогенно-осадочными комплексами, метаморфизованными в условиях зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и низких ступеней амфиболитовой фаций. Среди метавулканитов Баррандиена имеются породы разной основности, относящиеся к ассоциациям с толеитовым и известково-щелочным трендами (J. Waldhausrova, 1985). Сходный первичный характер вулканогенных пород установлен в буульгенской и макерской сериях зоны Главного хребта Кавказа [11, 13].

Основная масса гранитоидов Богемии, слагающих Центрально-Богемский массив и другие наиболее крупные плутоны, относится по К.Г.Стафееву [16] к двум формациям: тоналит-гранодиоритовой «позднегеосинклинальной» (ранней) и гранодиорит-гранитной раннеорогенной (поздней). На Северном Кавказе с первой из них может быть сопоставлен белореченский

характеристики гранитоидов Богемии и Северного Кавказа приведены в табл. 2.

Вольфрам и золото в Северо-Кавказской металлогенической провинции, наряду с цветными металлами, играют ведущую роль. Мировую известность имеют крупномасштабные месторождения вольфрама — скарновое Тырныауз и кварцево-жильное стратиформное Кти-Теберда. Известно также около 100 рудопроявлений вольфрама [2], большинство из которых приурочено к допалеозойскому фундаменту. Крупных и даже средних по масштабу месторождений золота на Северном Кавказе не обнаружено. Однако есть предпосылки и признаки, позволяющие рассматривать провинцию как потенциально золотоносную [3]. Одним из доводов является присутствие золотоносных аллювиальных россыпей в долинах почти всех крупных рек, размывающих домезозойские комплексы пород. В условиях резко расчлененного высокогорного рельефа, как представляется, это может служить свидетельством широкого развития золотых объектов в областях питания. Известны небольшие месторождения и перспективные рудопроявления золота различных геолого-промышленных типов (золото-серебряных эпитегральных, золото-сульфидно-вкрапленных, золото-кварцевых жильных и др.), а также золотосодержащих кол-

чеданных месторождений с высоким (до 5 г/т по рудным телам) содержанием золота.

Тесная связь вольфрама и золота отмечается в пределах Тырнаузского рудного узла. В основных скарново-рудных залежах устанавливаются содержания золота до первых граммов на 1 т, хотя средние содержания по рудным телам не превышают долей грамма на 1 т. Более высокие содержания золота наблюдаются в небольших скарновых телах к северу от основного месторождения. Одно из них — Нижний скарн со средним содержанием 6,3 г/т — может быть отнесено по [19] к собственно золото-скарновому типу. В северной же части рудного узла на вольфрам-молибденовом месторождении Молибденовый штокверк отмечаются содержания Au до 5–7 г/т, а среднее составило 0,45 г/т. Вблизи Молибденового штокверка известно рудопроявление Сухие балки, где восемь кварцево-жильных зон в роговиках имеют среднее содержание Au от 1,6 до 3 г/т. В целом Тырнаузский рудный узел является комплексным золото-вольфрамовым объектом.

К числу предпосылок обнаружения золото-вольфрамовых месторождений «богемского» типа на Северном Кавказе следует отнести широкое развитие среди докембрийских пород золотых кварцево-жильных месторождений и рудопроявлений определенных минерально-геохимических типов, подчеркивающих геохимическое сходство с типовыми объектами Богемии. Это золото-шеелитовые, золото-арсенопиритовые, золото-арсенопирит-висмутовые жилы и жильные зоны (Мушт, Чегет-Джора, жилы Танадонского и Сангутидонского рудных полей, Уллу-Никуленское, Куроннан и др.).

Наиболее устойчивая геохимическая связь Au–W–As–Bi в рудах золото-вольфрамовых месторождений Богемии, устанавливаемая также на многих объектах в сходной геологической позиции на Северном Кавказе, должна учитываться при прогнозно-поисковых исследованиях и, в первую очередь, при анализе аномальных геохимических полей, выявляемых металлометрической съемкой. В последние годы обобщены (С.Б.Ящинин, А.Н.Доля и др., 2001) данные литогеохимических съемок, проведенных на Северном Кавказе. На рис. 4 по материалам этой работы показаны аномальные геохимические поля вольфрама и мышьяка — основных спутников золота в рассматриваемых перспективных типах золото-вольфрамовых месторождений. Поскольку литогеохимические съемки выполнялись в разные годы разными коллективами, какая-либо, да-

же приближенная, количественная оценка перспектив золото-вольфрамовой минерализации площадей на основе этих материалов неправомерна. Тем не менее, очевидно преимущественное развитие совмещенных вольфрамовых и мышьяковых аномалий в пределах допалеозойских метаморфитов Северного Кавказа, что можно рассматривать как косвенное свидетельство перспектив золото-вольфрамовой минерализации «богемского» типа в кристалликуме провинции.

Как указывалось выше, при прогнозно-поисковых работах следует учитывать вероятную разобщенность локальных геохимических аномалий золота и элементов-спутников при том, что наличие аномалий генетически родственной тетрады элементов Au–W–As–Bi на ограниченной площади — признак оруденения рассматриваемого типа. Пример размещения геохимических аномалий на одной из рудоперспективных площадей Северного Кавказа приведен на рис. 5. Золото-кварц-арсенопиритовые жилы месторождения Чегет-Джора известны с начала прошлого века. Вольфрамовое рудопроявление Думала открыто в конце 80-х годов прошлого столетия в 1,5–2 км к северо-западу от месторождения Чегет-Джора. Кварцево-жильные с шеелитом и вольфрамитом зоны рудопроявления сосредоточены преимущественно в единой пачке дуппхской свиты (макерская серия). Пачка сложена биотитовыми и двуслюдяными сланцами и гнейсами с прослоями амфиболитов. В отдельных бороздовых пробах содержание Au до 10 г/т. Рудное поле не доизучено. Кроме золото-арсенопирит-кварцевого жильного месторождения и шеелит-кварцевого стратиформного рудопроявления, остаются непроверенными широкие и интенсивные аномалии золота к востоку от горы Чегет-Джора.

Думалинское рудное поле приведено как один из примеров не доизученного на золото объекта, на котором имеются некоторые признаки комплексных золото-вольфрамовых или существенно золотых вольфрамсодержащих месторождений «богемского» типа. Представляется, что Северный Кавказ в целом, и в первую очередь площади распространения метаморфических комплексов зоны Главного хребта, нуждаются в детальном анализе на наличие критериев и признаков месторождений «богемского» типа с целью выделения локальных площадей под поиски.

Автор выражает благодарность профессору М.М.Константинову за участие в обсуждении материалов и ценные советы.

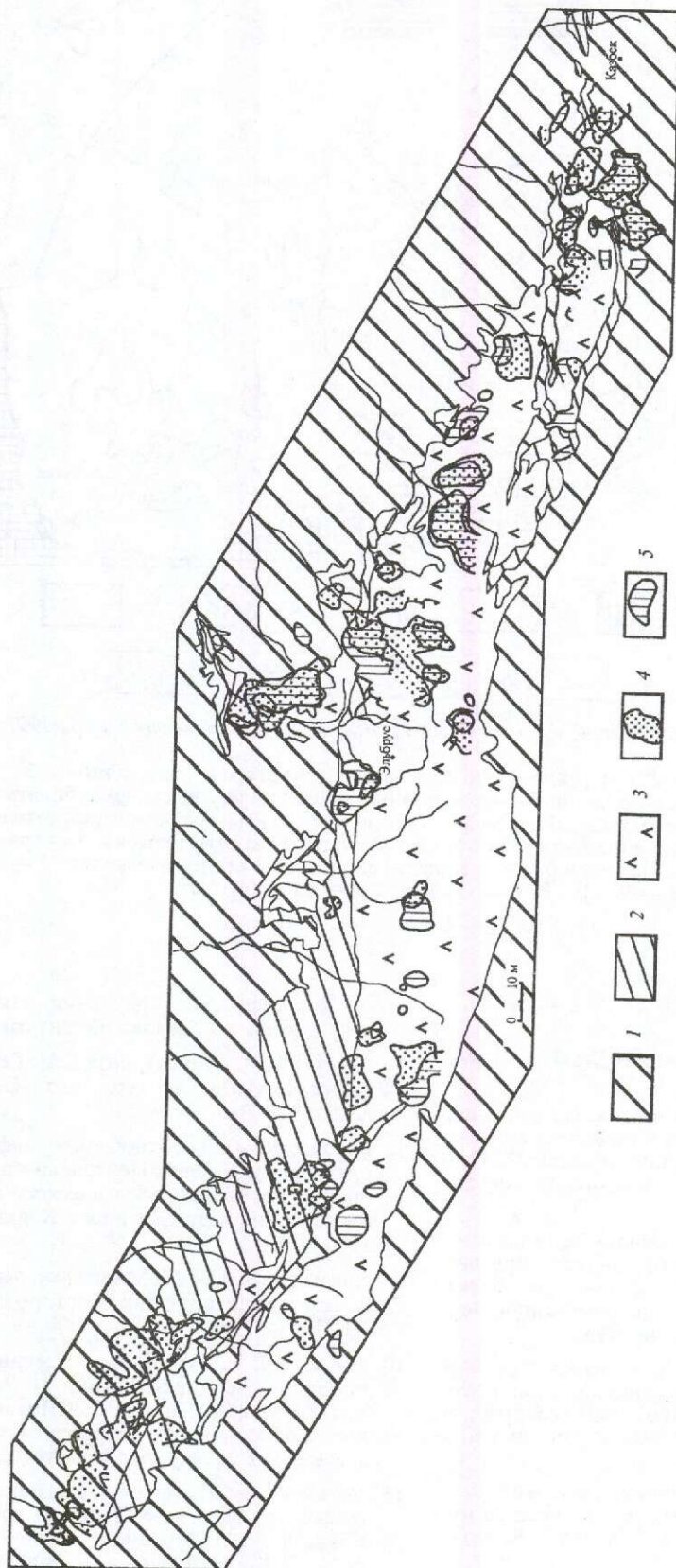


Рис. 4. Размещение аномальных геохимических полей вольфрама и мышьяка на территории Центрального Кавказа, по материалам С.Б.Яцинина, А.Н.Доля и др., 2001 г.:

геолого-структурные этажи: 1 — мезозойды, 2 — палеозойды, 3 — допалеозойские породы; геохимические поля: 4 — вольфрама (коэффициент концентрации 1,5-2 и более), 5 — мышьяка (коэффициент концентрации 2-3)

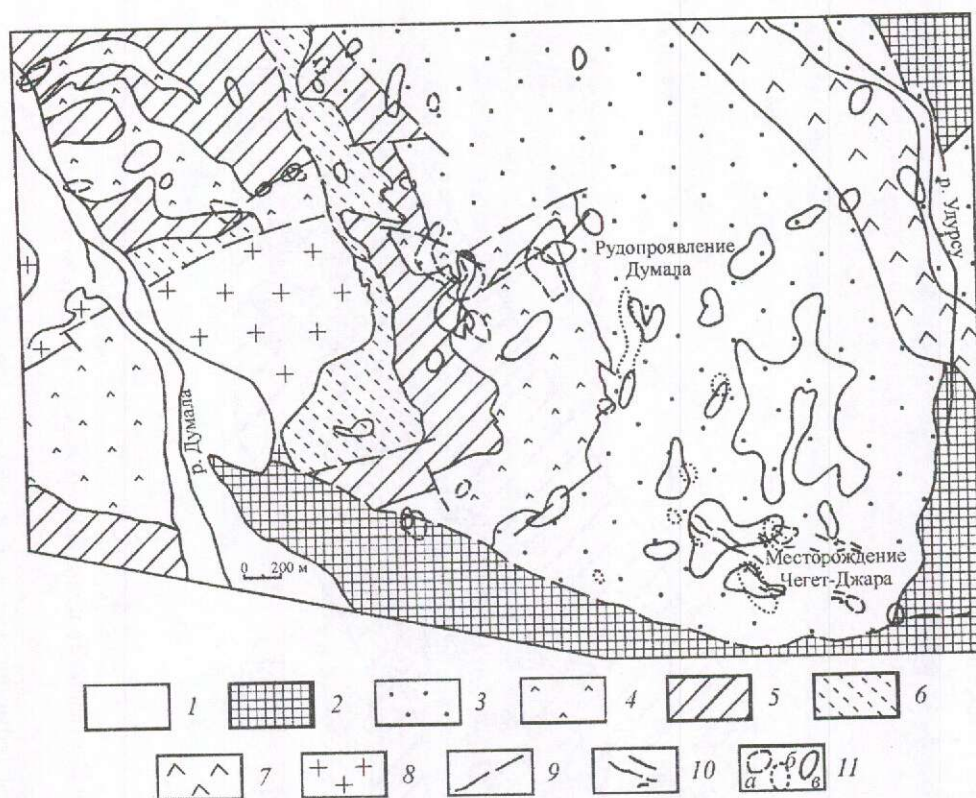


Рис. 5. Схема Думалинского рудного поля, по материалам В.Выдрины, А.Барановского и др., 1997:

1 — аллювиальные отложения; 2 — юрские осадочные породы; протерозойские породы: 3 — плагиоклаз-кварц-двуслюдяные кристаллические сланцы, 4 — кристаллические сланцы с редкими прослоями гнейсов, амфиболитов, 5 — кристаллические сланцы с редкими прослоями гнейсов, амфиболитов, 6 — гнейсы с редкими прослоями кристаллических сланцев и амфиболитов; 7 — андезитовые порфириды и андезитодациты неогена; 8 — граниты уллукамского комплекса; 9 — разрывные нарушения; 10 — золото-кварц-арсенопиритовые жилы; 11 — геохимические ореолы в рыхлых отложениях (а — $W \geq 10^{-2}\%$, б — $As > 0,5\%$, в — $Au \geq 0,03$ г/т)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Г.И. Геология Большого Кавказа. — М.: Недра, 1976.
2. Бутенков А.А. Морфология и происхождение шедитоносных жильных узлов в амфиболитах Кти-Тебердинского месторождения (Северный Кавказ): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — Новочеркасск, 2000.
3. Вихтер Б.Я., Чаньшиев И.С. Основные типы и металлогенические особенности золотого оруденения Северного Кавказа // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
4. Греков И.И., Лаврищев В.А. О номенклатуре, корреляции и возрасте метаморфических комплексов Центрального Кавказа // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Новочеркасск, 2002.
5. Доля А.Н. О возрасте гранитов уллукамского комплекса // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
6. Доля А.Н. Некоторые вопросы геологического развития Аксаутского района // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
7. Кекелия М.А., Цимакурдидзе Г.М. Герцинский плутонизм Кавказа // Тр. геол. ин-та. Сер. новая. Тбилиси, 1989. Вып. 99.
8. Киричко Ю.А. О соотношениях инфра- и супраструктуры фундамента Центрального Кавказа // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
9. Константинов М.М. Многофакторные поисковые модели золоторудных месторождений. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
10. Магматические комплексы Северного Кавказа и проблема их систематики / М.Х.Срабонян, В.А.Снежко, А.Н.Доля, Ю.Я.Потапенко // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
11. Петрогенезис и возраст пород макерской и буульгенской серий в зоне Главного хребта Большого Кавказа / А.Г.Гурбанов, М.Ханнелль, Г.И.Липпольт, Б.Кобер // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.

12. *Петрогенетические реконструкции кислых низкокальциевых пород Блыбского поднятия Большого Кавказа* / И.С.Красивская, А.В.Самсонов, Ю.В.Гольцман, Д.З.Журавлев // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
13. *Попов Ю.В.* Петрохимические особенности и до-метаморфические условия формирования амфиболитов макерской серии // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии юга России и Кавказа. Новочеркасск, 2002.
14. *Спиридонов Э.М.* Степнякское месторождение // Золоторудные месторождения СССР. 1986. Т. II.
15. *Сравнительный анализ гранитоидов Большого Кавказа, Западных Карпат и Чешского массива* / А.Гурбанов, Б.Цамбел, М.Паливцова и др. // Корреляция магматических пород Чехословакии и некоторых районов СССР. М., 1983.
16. *Стафеев К.Г.* Эндогенные режимы развития и металлогения континентальных блоков земной коры. – М.: Недра, 1993.
17. *Энна Н.Л.* Домезозойские магматические и ультраметаморфические образования Горной Балкарии // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки, 1995.
18. *Cliff D.C., Moravek P.* The Mokrsko gold deposit, Central Bohemia, Czech republic // Mineral Deposits. Balkema, Rotterdam, 1995.
19. *Gold-bearing skarns* / T.G.Theodore, G.J.Orris, J.M.Hammarstrom, J.D.Bliss // U.S. Geol. Surv. Bul. 1930. 1991.
20. *Gold metallogeny in the Sino-Korean platform: examples from Hebei province, NE China* / R.B.Trumbull at al. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1992.
21. *Mikrofissural ore fluid migration: the example of a granodiorite hosted gold deposit (Mokrsko, Bohemic)* / M.C.Boiron, A.Barakat, J.Cathelineau et al. // Mineral Deposits. Balkema, Rotterdam, 1995.
22. *Moravek P. and Pouba Z.* Precambrian and Phanerozoic of gold mineralization in the Bohemian massif // Econ. Geol. Vol. 82. 1987.
23. *The Mokrsko Gold deposit — the largest gold deposit in the Bohemian massif, Czechoslovakia* / H.Moravek, J.Janatka, J.Petroldova at al. // Econ.Geol. Monograph 6, 1989.

УДК 553.411 (575.1)

© Коллектив авторов, 2004

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ ЗОЛОТЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ

**Б.Б.Василевский (ИМП ГК РУз по геологии и минеральным ресурсам),
Р.И.Конеев (Национальный университет Узбекистана), А.И.Рустамов,
А.Х.Туресебеков, Е.Н.Игнатилов, Д.Я.Мирталипов, Р.Р.Рахимов (Институт
геологии и геофизики АН РУз)**

На основе геохимических (ICP MS) и микроминералогических (EPMA) исследований установлено, что руды месторождения Мурунтау и его сателлита Мютенбай относятся к золото-теллур-висмут-редкометалльному типу. Самородное золото образует микропарагенезисы с теллуридами, селенотеллуридами, сульфотеллуридами, сульфидами висмута в арсенопирите, пирите и шеелит-карбонат-хлорит-калишпат-кварцевых метасоматитах. Руды относятся к комплексным с возможным попутным извлечением Mo, Re, Os, Te, Se, Bi, W, Pd, Pt.

Один из крупнейших в мире золоторудных гигантов — месторождение Мурунтау — имеет более чем 45-летнюю историю открытия и изучения. Невозможно перечислить всех исследователей геологии, геохимии, минералогии и других особенностей месторождения, поэтому ограничимся ссылками на обобщающие издания последних лет [2, 4, 8, 9, 12]. Анализ публикаций показывает, что, как это не удивительно, на месторождении Мурунтау наименее изучены геохимия и минералогия золотых руд, подчеркнем, —

руд, а не околорудных метасоматитов, метаморфических комплексов и т.д. Приводятся сведения об общем составе минеральных ассоциаций, даются типоморфные особенности некоторых минералов — золота, арсенопирита и т.д. [4]. Считается, что минеральный состав руд сравнительно прост. Геохимические исследования посвящены большей частью распределению элементов в ореолах по данным спектрального анализа. Практически отсутствуют сведения о распределении теллура и селена. Новизна проделанных

исследований заключается в использовании таких методов, как электронно-зондовый микроанализ, масс-спектрометрия с индукционно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентный анализ для систематического изучения собственно золотых руд месторождения Мурунтау и его сателлита — месторождения Мютенбай. Считая, что золото в рудах является типичным микроили наноминералом (*invisible gold*), изучение его парагенетических и геохимических связей основывалось на методологических положениях микроминералогии [6, 7].

Месторождение Мурунтау вместе с месторождениями Даугызтау, Кокпатас, Амантайтау и др. образует Кызылкумский золоторудный узел Бельтау-Кураминского вулканоплутонического пояса (рис. 1). Пояс возник в результате субдукции коры Туркестанского палеоокеанического бассейна под Казахстано-Киргизский микроконтинент и последующих процессов [3, 7]. Месторождение размещается в нижнепалеозойской терригенной углеродистой толще, на крыле крупной антиклинальной складки (рис. 2). Морфологически представляет собой штокверк с неравномерным распределением оруденения. Система разноориентированных разломов обусло-

вила блоковое строение, и месторождение Мютенбай рассматривается как слабо эродированный блок, отделенный от Мурунтау Южным субширотным разломом. Ряд исследователей предлагают называть Мурунтау, Мютенбай и другие участки рудного поля Большим Мурунтау.

Рудные тела (залежи) на месторождениях выделяются по результатам опробования. При бортовом содержании Au 2 г/т месторождение Мурунтау выделяется как мегаштокверк площадью 3 км², прослеженный в виде воронки на глубину 1200 м. Общий размах глубины золотого оруденения по данным бурения составляет почти 4 км [4], что не позволяет говорить о приуроченности золоторудной минерализации исключительно к пестрому бесапану.

Отличительной геохимической особенностью месторождения Мурунтау считается ограниченный набор элементов — Au, W, As. Менее характерны Sb, Ag, Bi, Zn, Pb, Mo [2]. Для месторождения Мютенбай выделяются Au, W, Bi и As, причем Bi считается одним из важнейших индикаторов золота [12]. Нами изучены керновые пробы из глубоких (до 800–900 м) скважин, пробуренных на месторождении Мютенбай, и минералогические, отобранные по карьеру Му-

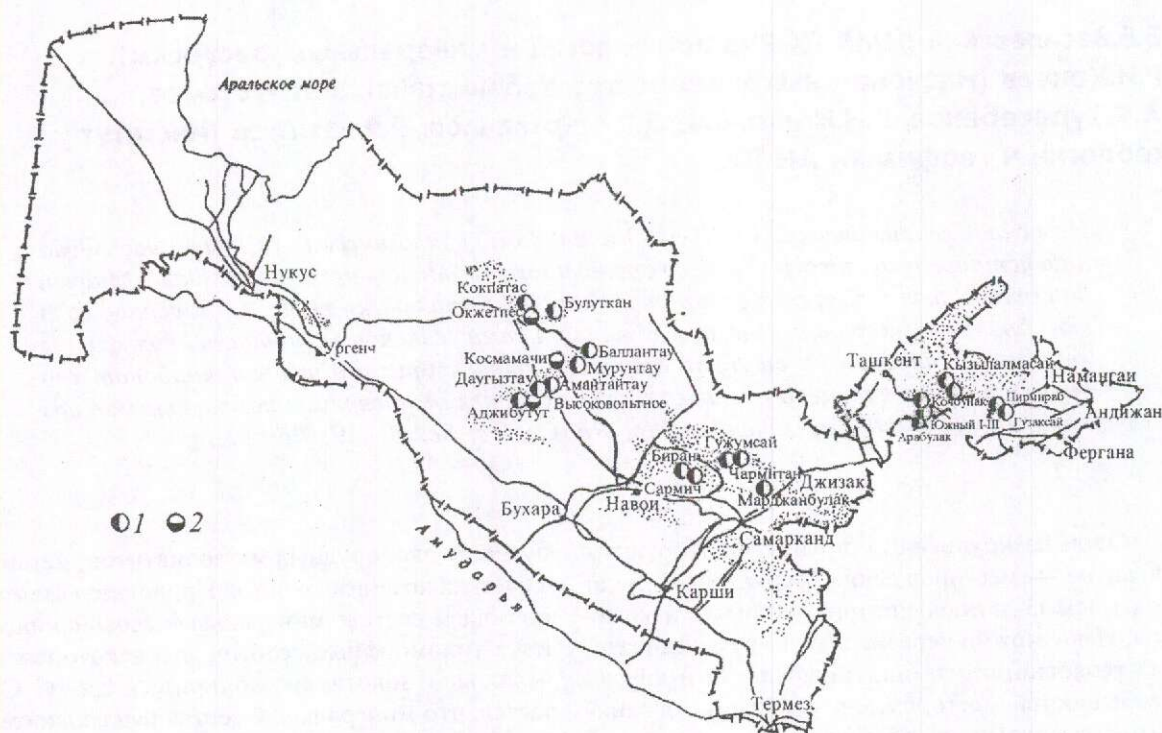


Рис. 1. Схема размещения месторождений золота и серебра на территории Республики Узбекистан, Н.А.Ахмедов, 2001:

месторождения: 1 — золота, 2 — серебра

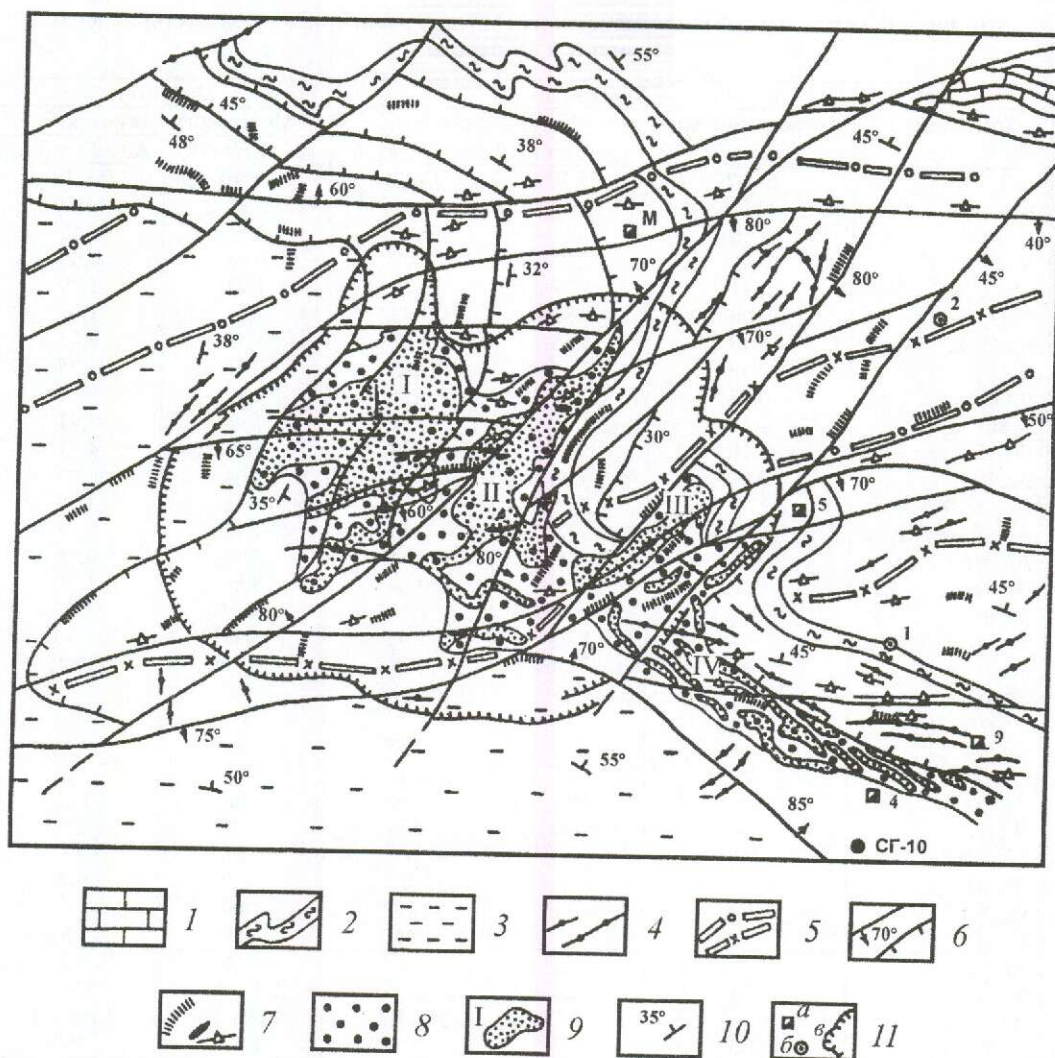


Рис. 2. Схематическая геологическая карта месторождений Мурунтау и Мютенбай [2]:

1 — доломиты и известняки; 2 — метатерригенные породы свиты пестрого бесапана; 3 — метатерригенные породы свиты серого бесапана; 4 — дайки; 5 — оси складок; 6 — разломы; 7 — кварцевые прожилково-жильные зоны; 8 — золотосодержащие метасоматиты; 9 — золоторудные залежи (I, II, III — Мурунтау, IV — Мютенбай); 10 — элементы залегания; 11 — выработки (а — шахты, б — скважины, в — контур карьера)

рунтау (табл. 1). Для сравнения приведены данные технологических исследований руд шахт 4 и 5 месторождения Мютенбай. При анализе использовались ICP Elan-DRCII, SRS-3000, Jeol JSM-5910-LV.

Руды Мурунтау отличаются повышенным содержанием SiO_2 , но пониженным Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , что объясняется их более кварцевым составом. Для забалансовых руд содержание оксидов выравнивается, за исключением CaO и MgO в керновых пробах Мютенбая. Во всех случаях руды с высоким содержанием золота отличаются отношением $\text{Au}:\text{Ag} > 1$, с низким — < 1 .

Поразительны данные по содержанию теллура и селена, которые фактически не уступают концентрации этих элементов в эпитермальных золото-серебряных месторождениях Кураминского рудного узла, за исключением уникального в отношении теллуридов месторождения Кочбулак [7]. Известно, что теллур и селен считаются типоморфными элементами месторождений вулканогенных областей. Любопытно, что отношение $\text{Se}:\text{Te}$ в изученных пробах постоянно > 1 , тогда как в месторождениях Чаткало-Кураминского региона оно чаще < 1 , за исключением некоторых собственно золото-серебряных, а не золото-теллуридных объектов (Реваште, Арабулак). Среди

1. Химический состав и ряды интенсивности накопления элементов в рудах месторождений Мурунтау и Мютенбай

Компоненты	Мютенбай			Мурунтау	
	Технологические пробы (2)	Керновые пробы		Минералогические пробы	
		Au >2 г/т (8)	Au <2 г/т (36)	Au >2 г/т (18)	Au <2 г/т (28)
SiO ₂ , %	67,47	55,50	61,20	76,10	63,70
Al ₂ O ₃ , %	11,79	9,01	10,01	5,59	11,50
TiO ₂ , %	0,66	0,83	0,86	0,35	0,52
MnO, %	0,05	0,09	0,07	0,03	0,04
MgO, %	2,41	3,72	3,76	1,08	1,79
CaO, %	2,66	2,81	3,33	1,53	1,86
Na ₂ O, %	1,40	2,55	2,67	1,19	2,53
K ₂ O, %	2,53	3,82	3,85	2,04	3,75
P ₂ O ₅ , %	0,18	0,12	0,14	0,12	0,17
S, %	1,10	4,15	0,91	1,98	4,41
Fe, %	3,18	10,40	5,67	5,91	4,71
Ba, %	0,08	0,05	0,06	0,04	0,09
Пирит, %	1,75	7,40	1,60	0,32	2,28
Арсенопирит, %	0,25	0,83	0,19	7,75	0,71
Au, г/т	4,0	11,40	0,41	27,10	0,45
Ag, г/т	3,5	1,85	0,64	5,84	1,36
Se, г/т	3,0	18,70	1,49	34,20	9,75
Te, г/т	<1,0	8,93	1,96	29,60	1,00
As, г/т	1000	3830	875	33 500	3090
Sb, г/т	—	7,5	9,4	34	11
Bi, г/т	—	45	7	39	2
Cu, г/т	65	282	157	26	44
Pb, г/т	15	23	46	29	75
Zn, г/т	50	95	96	30	112
W, г/т	290	421	206	30	25
Mo, г/т	100	8	36	3	17
Sn, г/т	—	4	3	0,5	0,8
Co, г/т	10	28	15	43	15
Ni, г/т	30	57	44	34	55
Au:Ag	1,1:1	6:1	1:1,6	5:1	1:3
Se:Te	3:1	2:1	1:1,3	1,2:1	10:1
As:Sb:Bi	—	85:1:6	125:1,3:1	985:1:1,1	1550:6:1
Co:Ni	1:3	1:2	1:3	1,3:1	1:4
Мурунтау	Au-As-Bi-Te-Ag-Se-Sb-W-Co-Mo-Pb-Zn-Cu-Ni-Sn — руда As-Au-Bi-Te-Ag-Se-Zn-W-Mo-Sb-Pb-Cu-Co-Ni-Sn — порода				
Мютенбай	Au-Bi-Te-As-W-Se-Ag-Cu-Sb-Mo-Co-Pb-Zn-Ni-Sn — руда Bi-Au-Te-As-W-Ag-Mo-Sb-Cu-Se-Pb-Zn-Co-Ni-Sn — порода				

Примечание. В скобках — число проб в выборке. Данные по ЭПГ и Hg не систематичны и не приводятся, в отдельных пробах Pt до 0,11 г/т, Pd 0,18 г/т, Rh 0,11 г/т, Hg 0,74 г/т.

элементов триады As-Sb-Bi высокие содержания установлены для мышьяка и повышенные для висмута. Руды Мютенбая отличаются повышенными концентрациями вольфрама и молибдена.

Были рассчитаны коэффициенты концентрации элементов относительно их кларка в сланцах по А.П.Виноградову [13]. Полученные ряды интенсивности накопления элементов в рудах (см. табл. 1) показывают, что на месторождениях Мурунтау и Мютенбай как в слабо-, так и в высокозолотоносных пробах вместе с золотом прежде всего накапливаются Te, Bi, As. На Мурунтау более высокое положение в

ряду мышьяка, поскольку анализируемые пробы отличались повышенным содержанием арсенопирита. Серебро, как правило, находится ближе к Se, Sb и Cu. Заметим, что если коэффициенты концентрации Au, Bi, Te, As и W составляют тысячи и сотни кларков, то Mo, Sb, Se, Ag — десятки, редко сотни, а Cu, Pb, Zn, Sn, Co, Ni — единицы.

Статистической обработкой результатов анализа проб месторождений Мурунтау (46) и Мютенбай (44) установлено следующее:

на месторождении Мурунтау наиболее сильные связи у золота с Ag, Te, Bi, As, Sb, слабее с W,

Se, In, Co. В высокзолотоносных пробах теряется корреляция Au с W, но сохраняется с As, Te, Bi; на месторождении Мютенбай тесная корреляция золота с Bi, Te, As, Cd, Mo, слабее с W, S, Re, Ge. Серебро коррелирует с Sb, Cu, Pb;

на обоих месторождениях факторный анализ выявил устойчивую ассоциацию Te, Bi, As, Au, W, Ag, Se. На Мютенбае добавляется Mo, Ni, на Мурунтау — Co, Fe.

Можно уверенно говорить о том, что в рудах месторождений Мурунтау и Мютенбай золото тесно ассоциирует с Te, Bi, As, W и Mo.

Анализируя опубликованные данные по составу минеральных ассоциаций Мурунтауского рудного поля, заметим, что среди главных рудных минералов фигурируют арсенопирит, пирит, шеелит, молибденит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклые руды, висмутин, антимонит, киноварь (табл. 2). В одной ассоциации — шеелит-золото-кварцевой — отмечаются теллуриды висмута и в одной — полисульфидно-карбонат-кварцевой, — наряду с висмутином и самородным висмутом, сульфосоли Bi, Pb, Cu. Г.М.Чеботарев [14] определил, что в микроассоциациях золота главной продуктивной золото-редкометалльно-кварцевой ассоциации встречаются пирит, арсенопирит, шеелит, молибденит, а также хедлейит, жозеит и тетрадимит. Но при этом [14, с. 45]: «Принадлежность теллуридов висмута к микропарагенезисам золота-I спорна и является предметом специальных исследований, так как известны признаки наложенности их на золото». В работе [12] отмечается, что на тесный парагенезис самородного золота с минералами висмута еще в 1969 г. указывала Н.П.Нестерова, относя его к ассоциации поздних сульфидов. В то же время подчеркивается, что на Мютенбае минеральные формы селена, теллура и платиноидов не обнаружены. Наконец, С.Г.Кряжев [9, с. 34] полагает: «... большинство выделений самородного золота, по нашим наблюдениям, ассоциируют с наиболее поздней теллуру-висмутовой минерализацией».

Исследования авторов свидетельствуют о том, что в микроминеральной форме теллуриды висмута широко распространены на обоих месторождениях (табл. 3). На месторождении Мютенбай висмутовые теллуриды более развиты на глубоких, скважинных, уровнях. На верхних уровнях шахт 4 и 5, наряду с теллуридами висмута, установлены селениды, селеносодержащие сульфоантимониты Ag и Pb-Cu-Bi-Sb-Ag сульфосоли. Было проанализировано более 150 включений размером от 3 до 50 мкм указанных в табл. 3

сульфидов, теллуридов, селенидов и сульфосолей. Все они сильно отличаются по составу, что объясняется не только сложностью анализа микрофаз, но и влиянием «размерных эффектов», образованием специфических микро- и наноминеральных форм, характерных для золота и парагенных ему теллуридов и селенидов в условиях малосульфидного оруденения. В табл. 4 приведены результаты анализов, наиболее соответствующих стехиометричным соединениям, но подчеркнем, что условие стехиометричности обычно не соблюдается в микро- или наноминеральных формах выделения элементов. По имеющимся материалам теллуриды и сульфотеллуриды висмута находятся в тесной микропарагенетической связи с соединениями золота Au_3Ag , Au_2Ag (рис. 3). Наблюдаются и микроассоциации золота с арсенопиритом и шеелитом (рис. 4).

В табл. 5 приведены микрозондовые анализы ведущих рудослагающих минералов месторождений Мурунтау и Мютенбай. Заметны определенные различия в составе одноименных минералов этих месторождений или разных глубинных уровней, но практически все они в различной концентрации содержат теллур и селен. Обращает на себя внимание высокая концентрация рения в молибденитах месторождения Мютенбай. Учитывая, что содержание молибдена в рудах вполне сопоставимо с промышленной концентрацией его в медно-порфировых рудах Кальмакыра (Алмалыкский район), попутное извлечение Re-молибденитов может представлять экономический интерес.

На основании полученных данных и ранее предложенной схемы систематизации золоторудных месторождений Узбекистана [7] на Мурунтауском рудном поле выделяется аналогичный для всех месторождений стандартный ряд геохимических парагенезисов золота (табл. 6). Основными парагенезисами, несущими золото, являются Au-Te и Au-As. Специфика Мурунтауского рудного поля — образование исключительно теллуридов висмута в отличие от Au-Te парагенезисов Чаткало-Кураминского региона, содержащих также теллуриды Au, Ag, Sb, Pb, Hg, Cu, Fe [7]. И.Я.Некрасов [11] отмечал, что золото-висмутовая минерализация типична для золото-редкометалльно-кварцевых месторождений, в которых золото отлагается как в самородном виде, так и в виде мальдонита в парагенезисе с самородным висмутом, висмутином, тетрадимитом, жозеитом, возможно, с соединением $AuBi_5S_4$. Подчеркивается, что отложение Au-Bi парагенезисов начиналось при 370–400°C, а ни-

2. Минеральные ассоциации этапа рудообразования Мурунтауского рудного поля [2, 4, 12]

Состав	Шеслит-золото-карбонат-хлорит-калишпат-кварцевая	Шеслит-золото-кварцевая	Золото-арсенопирит-пирит-кварцевая	Полисульфидно-карбонат-кварцевая	Серебро-адуляр-карбонат-кварцевая	Антимонит-пирит-кальцитовая	Киноварь-кварц-диккитовая
Главные и характерные минералы	Кварц, калишпат, плагиоклаз, хлорит, кальцит, молибденит, шеслит, пирит, арсенопирит, золото, пирротин, халькопирит	Кварц, калишпат, кальцит, шеслит, арсенопирит, золото, теллуриды Bi	Кварц, карбонат, хлорит, арсенопирит, пирит, блеклые руды, сфалерит, золото	Кварц, карбонат, пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, золото, электрум, висмут, висмутин, сульфосоли Bi, Pb, Cu	Кварц, адуляр, Мп-карбонат, серицит, глинистые, углестые минералы, пирит, блеклые руды, сульфосоли Ag, серебро	Кальцит, диккит, пирит, антимонит	Диккит, каолинит, кварц, пирит, киноварь
Геохимические особенности	К, Au, W, As, Ag Au:Ag=(2,5-3,5):1 70% запасов Au	К, Au, W, Bi, As, Te, Ag Au:Ag=(8:1)-(20:1) 15% запасов Au	Au, Ag, As, Co, Ni, Zn, Pb Au:Ag=(1:3)-(1:10) 5% запасов Au	Ag, Au, Pb, Zn, Cu, Bi Au:Ag до 1:50 Слабо золотоносна	Ag, Au, Cu Au:Ag=1:5 Слабо золотоносна	Sb, As, Pb, Ag, Hg Незолотоносна	Hg, Sb, Cu, Mo, Ag Незолотоносна

Примечание. Не включены безрудные пирит-кварц-альбит-турмалиновая и кварц-карбонатная ассоциации.

3. Микроминеральный состав руд месторождений Мурунтау и Мютенбай

Соединения	Мурунтау		Мютенбай	
	Минерал	Формула	Минерал	Формула
Самородные	Золото	Au ₃ Ag, Au ₂ Ag, Au ₈ Ag	Золото	Au ₃ Ag, Au ₂ Ag, Au ₈ Ag,
	Висмут	Bi	Электрум Висмут Серебро Анимикит Конгсбергит	AuAg ₃ Bi, (Bi, Se) Ag, (Ag, Au) (Ag, Sb) (Ag, Hg)
Сульфиды	Висмутин	Bi ₂ S ₃	Se-висмутин	Bi ₂ (Se, S) ₃
	Ангимонит	Sb ₂ S ₃	Икунолит	Bi ₄ S ₃
	Киноварь	HgS	Se-ангимонит	Sb ₂ (S, Se) ₃
	Акантит	Ag ₂ S	Киноварь	HgS
	Штрουμεйерит	AgCuS	Se-миаргирит	AgSb(S, Se)
	Кобальтин	CoAsS	Se-пираргирит	Ag ₃ Sb(S, Se) ₃
	Герсдорфит	NiAsS	Se-стефанит	Ag ₅ Sb(S, Se) ₄
	Ульманит	NiSbS	Se-полибазит	Ag ₁₆ Sb ₂ (S, Se) ₁₁
	Пентландит	(Fe, Ni) ₉ S ₈	Se-джемсонит	Pb ₄ FeSb ₆ (S, Se) ₁₄
	Виоларит	FeNi ₂ S ₄	Бурнонит	PbCuSbS ₃
	Матильдит	AgBiS ₂	Кобеллит	Pb ₆ FeBi ₄ Sb ₂ S ₁₆
	Павонит	(Ag, Cu)(Bi, Pb) ₃ S ₅	Сахароваит	(Pb, Fe)(Bi, Sb) ₂ S ₄
	Густавит	PbAgBi ₃ S ₆	Галенобисмутит	PbBiS ₄
	Хейровскит	Pb ₁₀ AgBi ₅ S ₁₈	Те-канфильдит	Ag ₈ Sn(S, Te) ₆
Теллуриды, селениды	Цумоит	Bi ₂ Te ₂	Цумоит	Bi ₂ Te ₂
	Теллуровисмутит	Bi ₂ Te ₃	Хедлейит	Bi ₇ Te ₃
	Пильзенит	Bi ₄ Te ₃	Сульфоцумоит	Bi ₃ Te ₂ S
	Хедлейит	Bi ₇ Te ₃	Жозеит В	Bi ₄ Te ₂ S
	Тетрадимит	Bi ₂ Te ₂ S	Ингодит	Bi ₂ TeS
	Жозеит В	Bi ₄ Te ₂ S	Кавацулит	Bi ₂ Te ₂ Se
	Алтаит	PbTe	Клаусталит	PbSe
	Гёссит	Ag ₂ Te	Науманнит	Ag ₂ Se
			Агвиларит	Ag ₄ SeS
			Гёссит	Ag ₂ Te
		Фаза X	Sb ₂ Se ₂ S	

Примечание. Составлена по материалам авторов и [2, 4, 9, 12, 14].

же 180°C мальдонит разлагается, образуя парагенезис Au+Bi₂S₃. Показано также, что химически инертное золото в обычных гидротермальных растворах в присутствии соединений висмута становится подвижным. В золото-углеродисто-сульфидно-кварцевых рудах Ленской провинции с доминирующими теллуридами висмута концентрация свободного золота значительно выше, чем его теллуридов [10]. Объясняется это тем, что висмут, характеризующийся большими, чем у золота, массой, атомным объемом и расположением электронов на более высоких энергетических подуровнях, «отнимает» теллур у золота. Интересно, что на месторождении Кумтор, также относящемся к объектам в «черносланцевых толщах», до 50–60% Au локализуется преимущественно в виде микроскопических выделений в пирите [8]. Однако, по данным [1], на долю теллуридов в рудах месторождения

приходится более 50% всего золота, и оруденение определяется как золото-теллур-редкометальное (с вольфрамом).

Взаимоотношение золота с вольфрамом — это особый вопрос. В работе [15] говорится о различии в условиях образования и разновозрастности шеелита и самородного золота. По данным [9], шеелит главным образом присутствует в ореоле развития кальциевых метасоматитов и его осаждение в значительной степени контролировалось составом вмещающих пород. В рудных жилах шеелит находится во взаимопрорастаниях с арсенопиритом и калиевым полевым шпатом. По нашим данным, в ореолах высокие концентрации золота и вольфрама разобщены в пространстве. Все это свидетельствует о том, что гидротермально-метасоматические шеелит-золото-карбонат-хлорит-калишпат-кварцевая и шеелит-золото-кварцевая минеральные ассоциа-

4. Химический состав теллуридов и селенидов месторождений Мурунтау и Мютенбай (микронд, %)

Минералы	Ag	Cu	Pb	Fe	As	Sb	Bi	Te	Se	S	Месторождения
Теллуrowисмутит	0,05	0,11	0,08	0,19	—	—	55,14	42,75	—	0,16	Мурунтау
Цумоит	—	—	—	—	—	—	61,85	38,31	—	0,66	Мурунтау
	—	—	—	—	—	—	61,67	37,06	—	0,50	
	0,13	0,07	—	0,06	—	—	61,79	36,54	0,13	0,62	Мютенбай
	—	—	—	0,06	—	—	61,95	37,46	0,44	0,43	
Пильзенит	0,27	0,02	0,33	2,41	—	0,37	64,96	30,79	1,70	0,16	Мурунтау
	0,81	0,13	—	3,42	—	1,05	64,88	28,75	0,21	0,63	Мютенбай
Хедлейит	—	—	—	—	—	—	77,00	22,98	—	0,01	Мурунтау
	—	—	—	—	—	—	76,49	22,75	—	0,23	Мютенбай
	0,73	—	—	0,76	—	0,11	74,57	22,23	1,45	—	
Тетрадимит	—	—	—	0,85	—	—	57,21	36,03	1,63	4,31	Мурунтау
	—	—	0,92	1,42	—	—	56,61	35,29	1,14	3,63	
Сульфоцумоит	—	—	—	—	—	—	69,37	26,52	0,67	3,29	Мютенбай
Ингодит	—	—	—	—	2,40	—	72,70	22,10	0,20	4,11	Мурунтау
	—	0,61	—	1,21	—	—	73,03	21,66	0,42	3,07	Мютенбай
Жозеит В	—	—	—	—	1,42	—	74,16	19,58	—	2,64	Мурунтау
	—	—	—	—	—	—	76,15	20,95	—	2,87	Мютенбай
Группа кавачу- лита: Bi ₃ TeSe	0,87	0,12	—	—	—	—	76,48	12,51	8,67	1,08	Мютенбай
	0,81	0,11	—	—	—	—	78,32	11,62	7,98	0,94	
Клаусталит	0,63	—	69,25	—	—	1,14	—	—	29,35	0,04	Мютенбай
	5,28	—	68,18	0,03	—	0,07	0,16	0,02	26,44	—	
Науманнит	73,91	—	—	—	—	—	—	0,24	26,99	0,06	Мютенбай
	73,12	—	—	—	—	—	—	0,30	25,79	0,09	
Агвиларит	80,65	0,30	—	0,06	—	—	—	0,18	11,90	8,09	Мютенбай
	82,12	—	—	—	—	—	—	0,14	11,56	7,57	
Фаза Sb ₂ Se ₂ S	—	—	—	—	—	59,42	—	—	33,60	6,98	Мютенбай

ции, с которыми связывается 85% промышленных запасов золота [2, 4], создавали благоприятный минерально-геохимический фон для отложения последовательно Au-As и Au-Te парагенезисов, очевидно, концентрировавших основную массу золота с теллуrom, висмутом и мышьяком. В меньшей степени проявлен Au-Ag парагенезис с электрумом, селенидами, сульфоантимонитами серебра и незначительно сурьмяная и ртутная минерализация, которые становятся золотоносными преимущественно в участках сопряжения с Au-As парагенезисом, несущим рассеяное тонкодисперсное золото. Au-Ag, Au-Sb и Au-Hg парагенезисы слабо проявлены на верхних уровнях месторождения Мютенбай.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Месторождения Мурунтау и Мютенбай были сформированы стандартным рядом геохимических парагенезисов золота: /Au-W/AuAs/Au-Te/Au-Ag/Au-Sb/Au-Hg/.

В процессе формирования руд основная масса золота была связана с Au-Te и Au-As парагене-

зисами, отлагавшимися в шеелит-золото-карбонат-хлорит-калишпат-кварцевых гидротермально-метасоматических образованиях.

Геохимию золота и серебра на Мурунтауском рудном поле, как и на большинстве золоторудных месторождениях Бельтау-Кураминского вулканоплутонического пояса, определяют триады Te-Se-S и Bi-Sb-As.

Самородное золото в рудах выделяется в тесном микропарагенезисе с теллуридами, селенидами, сульфидами и самородной формой висмута. Вмещающими минералами-матрицами являются арсенопирит, пирит, кварц, карбонаты и др.

Месторождение Мютенбай представляет собой менее эродированный, опущенный относительно месторождения Мурунтау блок. Руды, аналогичные рудам месторождения Мурунтау, вскрываются на более глубоких, чем карьер, уровнях.

Промышленное оруденение Мурунтауского рудного поля определяется в качестве золото-теллуrow-висмут-редкометального, а руды месторождения Мютенбай следует рассматривать как

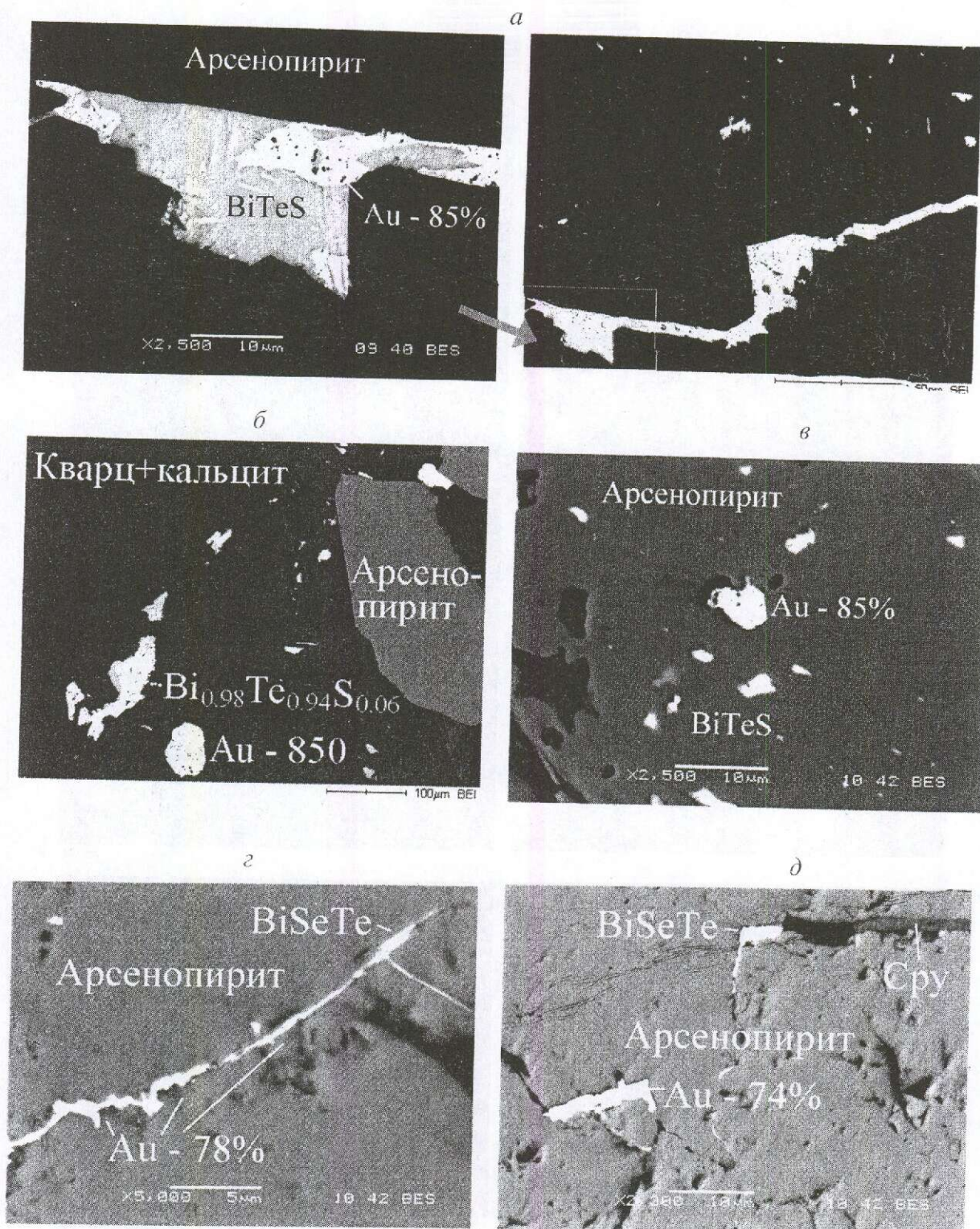


Рис. 3. Взаимоотношения золота, микроминералов висмута и арсенопирита, снимки в обратнорассеянных электронах, Jeol JSM-5910-LV:

a — микропарагенезис золота и жозеита в арсенопирите (слева фрагмент); *б* — микроассоциация золота, цумонита и арсенопирита в кварц-кальцитовой массе; *в* — микропарагенезис золота, тетрадимита, ингодита, арсенопирита; *г, д* — микропарагенезисы золота и микроминералов группы кавцулита с халькопиритом в арсенопирите

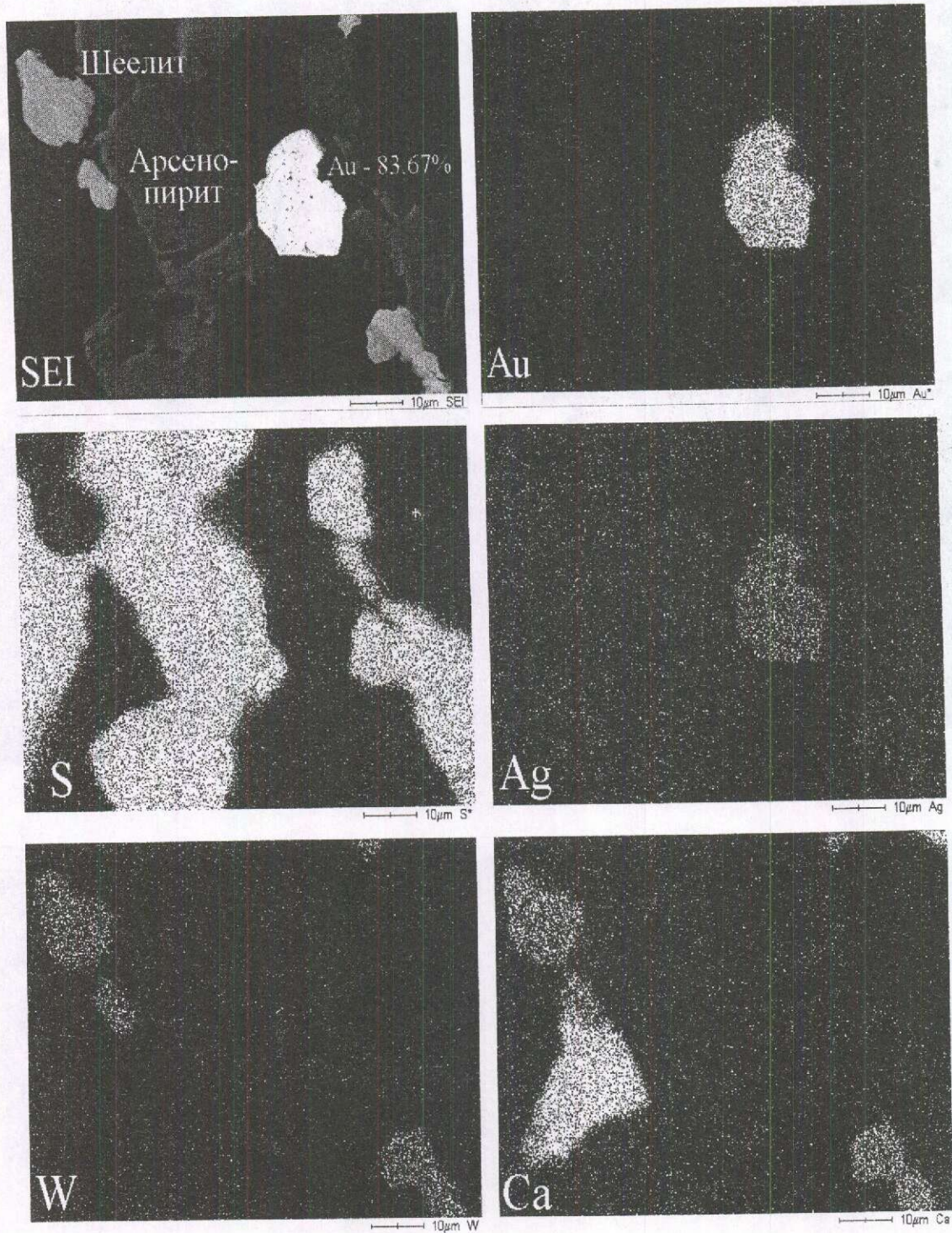


Рис. 4. Золото, арсенопирит и шеелит в метасоматите. Распределение элементов снято в характеристическом рентгеновском излучении, SEI — снимок в обратнорассеянных электронах

5. Химический состав ведущих рудных минералов месторождений Мурунтау и Мюntenбай (микрозод, %)

Минералы	Число анализов	Ag	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Co	Ni	As	Sb	Bi	Te	Se	S	Месторождения
Арсенопирит	13	—	0,02	—	—	—	35,54	0,05	0,01	43,90	—	0,04	0,10	0,14	20,40	Мурунтау
	6	—	0,15	—	—	—	34,57	—	0,30	44,52	0,31	—	0,23	0,20	19,34	Мюntenбай, скв
Пирит	3	—	—	—	—	—	46,80	0,03	0,01	0,80	—	—	0,01	0,01	52,26	Мурунтау, кар
	3	—	0,06	—	—	—	44,40	0,94	0,01	0,08	—	—	0,10	0,65	52,52	Мюntenбай, скв
Пирротин	7	—	0,07	—	0,04	—	59,70	—	0,02	0,15	0,02	—	0,07	0,13	39,85	Мюntenбай, скв
Халькопирит	4	—	34,73	—	—	—	29,68	—	—	0,20	—	—	0,07	0,27	34,78	Мюntenбай, скв
Галенит	5	0,59	0,83	84,21	0,10	—	0,02	—	—	0,02	0,83	—	0,51	0,44	12,43	Мюntenбай, скв
Сфалерит	3	1,23	0,63	—	62,61	0,84	0,10	—	—	—	1,36	—	—	0,16	32,46	Мюntenбай, шт. 4
	3	0,14	0,85	—	57,17	1,34	8,31	In 0,05	—	—	0,09	—	0,16	—	31,21	Мюntenбай, скв
Фрейберит	3	36,92	12,53	—	0,31	—	5,08	—	—	0,30	25,00	—	—	0,19	20,28	Мюntenбай, шт. 4
	5	14,12	25,68	—	2,20	—	4,43	—	—	0,28	31,54	—	—	0,40	22,02	Мюntenбай, скв
Молибденит	4	0,37	0,17	0,34	—	—	0,44	Mo 59,18	—	Re 0,18	—	—	—	—	39,30	Мюntenбай, скв
	6	—	—	0,13	—	—	—	Mo 57,83	—	Re 0,04	—	—	—	0,02	41,31	Мюntenбай, скв
Висмутин	3	—	0,43	—	—	—	0,37	—	—	—	—	—	—	0,02	41,31	Мурунтау, кар
Se-висмутин	2	0,12	1,45	—	—	—	1,55	—	—	0,18	0,33	81,82	—	0,18	17,56	Мюntenбай, скв
Икунолит	2	0,05	—	—	—	—	0,41	—	—	0,18	0,33	77,14	0,12	3,57	16,36	Мюntenбай, скв
	32	17,43	0,19	—	—	—	0,76	—	—	—	—	87,21	1,58	0,50	10,06	Мюntenбай, скв
Электрум AuAg	4	33,57	0,44	Au 81,62	—	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,06	—	Мюntenбай, скв
	4	—	—	Au 66,04	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03	—	—	Мюntenбай, скв

Примечание. Кар — карьер, скв — скважина, шт — штолья. В сфалерите из шт. 4 Мюntenбай установлено 0,02% Мп, а в одном анализе молибденита из скв. Мюntenбай — 0,11% Рd, 0,06% Те.

6. Минеральный состав парагенезисов золота Мурунтауского рудного поля

Минералы	Au-W	Au-As	Au-Te	Au-Ag	Sb(Au)	Hg(Au)
Основные рудослагающие	Шеелит Вольфрамит Арсенопирит Пирит	Арсенопирит Пирит	Пирит Сфалерит Галенит Халькопирит Тетраэдрит	Пирит Халькопирит Галенит Сфалерит Фрейбергит Арсенопирит	Антимонит	Киноварь
Микропарагенезисов золота	Молибденит Пирротин Халькопирит Галенит Сфалерит	Пирротин Пентландит Кобальтин Герсдорфит Ульманит Виоларит	Висмут Висмутин Икунолит Цумоит Пильзенит Сульфоцумоит Хедлейит Жозеит В Ингодит Кавацулит Алтаит Клаусталит Сульфосоли Bi-Ag-Pb-Fe-Cu Матильдит	Серебро Анимикит Акантит Миаргирит Se-стефанит Se-полибазит Se-пираргирит Науманнит Агвиларит Ag-клаусталит Te-канфильдит Гессит	Арсенопирит Пирит Бурнонит Se-джермонит	Арсенопирит Пирит Консбергит
Золота	Au ₈ Ag, Au ₃ Ag	AuAsS (?)	Au ₂ Bi, AuBi ₅ S ₄ (?), Au ₃ Ag, Au ₂ Ag	AuAg, AuAg ₃	AuSb ₂ (?)	—
Элементы-индикаторы	W, Mo	As, Co, Ni	Bi, Te, Se	Ag, Sb, Se	Sb, Se, Pb	Hg (Tl)

комплексные с возможным попутным извлечением Mo, Re, Os, Te, Se, W, Bi, Pd, Pt.

В работе [5] справедливо указывалось, что практика рудно-формационных и металлогенических исследований с большой остротой ставит задачи совершенствования типизации рудообразующих систем разных порядков — от металлогенических провинций до месторождений, причем подразделение золоторудных месторождений на те или иные типы должно проводиться с учетом, прежде всего, вещественного состава руд. Особенности их сложения, характер изменения вмещающих пород, формы рудных тел не могут заменить детального изучения минерально-геохимических ассоциаций руд. Сейчас стало ясно, что геохимию золота и серебра, в первую очередь, определяют Te, Se, Bi, Sb, As, Hg. В связи с этим качественно новые возможности открывают методы микро- и наноминералогии, особенно при изучении месторождений с промышленными концентрациями полезных компонентов 0,0000п–0,00п% (Au, Pt, Pd, Te, Se, Re и т.д.).

Авторы выражают благодарность профессору С.Т.Бадалову и доценту В.Ф.Скрябину за

любезно предоставленные анилифы для микроскопических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин С.И. Геология и минералого-геохимические особенности золото-теллур-редкометалльного оруденения в углеродистых толщах венда Кумторского рудного поля (Срединный Тянь-Шань): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Бишкек: БПИ, 1992.
2. Голованов И.М. Месторождение Мурунтау // Рудные месторождения Узбекистана. Ташкент, 2001. С. 176–196.
3. Далимов Т.Н., Конеев Р.И., Ганиев И.Н., Ишбаев Х.Д. Геодинамика северной окраины Туркестанского палеооксанического бассейна и некоторые особенности формирования золоторудных месторождений Узбекистана // Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. М., 2002. С. 142–144.
4. Золоторудное месторождение Мурунтау / Гл. ред. Т.Ш.Шаякубов. – Ташкент: Фан, 1998.
5. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. О типизации рудообразующих систем // Геология рудных месторождений. 1991. № 5. С. 3–12.

6. *Конеев Р.И., Кушмурадов О.К., Туресебеков А.Х.* Микроминералогия — предмет, методы, применение. — Ташкент: Университет, 1994.
7. *Конеев Р.И.* Систематизация золоторудных месторождений Узбекистана на основе микроминеральных парагенезисов // Руды и металлы. 2003. № 3. С. 20–28.
8. *Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф.* Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000.
9. *Кряжев С.Г.* Изотопно-геохимический режим формирования золоторудного месторождения Мурунтау. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
10. *Левицкий В.В.* Периодичность элементов и соединений в золотообразующих гидротермальных системах // Докл. АН СССР. 1982. Т. 266. № 4. С. 1003–1007.
11. *Некрасов И.Я.* Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. — М.: Наука, 1991.
12. *Парамонов Ю.И.* Месторождение Мютенбай // Рудные месторождения Узбекистана. Ташкент, 2001. С. 196–202.
13. *Справочник по геохимии / Г.В.Войткевич, А.В.Коккин, А.Е.Мирошников, В.Г.Прохоров.* — М.: Недра, 1990.
14. *Типоморфизм кварца, пирита и золота золоторудных месторождений Узбекистана / М.П.Баскаков, Г.М.Чеботарев, Ю.А.Волков и др.* — Ташкент: Фан, 1981.
15. *Чеботарев Г.М., Чеботарев М.Г.* О возрастных и пространственных соотношениях шеелита с золотом (на примере Западного Узбекистана) // Онтогенез минералов в практике геологических работ. Свердловск, 1984. С. 101–105.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 622.7:622.342.1

© Г.С.Крылова, Н.В.Ибрагимова, 2004

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Г.С.Крылова, Н.В.Ибрагимова (ЦНИГРИ МПР России)

Исследована возможность извлечения золота из упорного техногенного сырья — хвостов обогатительных фабрик. Показаны перспективы использования для растворения золота нецианистых систем, обеспечивающих комплексное извлечение золота и цветных металлов.

В последние десятилетия отмечается четкая тенденция сокращения запасов высококачественных руд, в переработку вовлекаются руды с пониженным содержанием полезных компонентов. Наряду с этим, ухудшаются горно-геологические условия отработки, высвобождаются мощности обогатительных фабрик и металлургических заводов. Эта тенденция характерна и для золотосодержащего сырья.

Важным резервом минерально-сырьевой базы России по золоту может быть техногенное сырье — отходы горного производства, хвосты обогащения золотоизвлекательных фабрик и предприятий цветной металлургии. Интерес к переработке техногенного золотосодержащего сырья обусловлен двумя основными причинами: более низкой себестоимостью получения благородных металлов по сравнению с обогащением исходных руд, поскольку из технологической схемы переработки исключаются дорогостоящие операции (добыча, дробление, грохочение, измельчение), и возрастающими требованиями к охране окружающей среды и недропользованию. Техногенные отходы загрязняют воздушный бассейн и водоемы. Их скопления приводят к изъятию из оборота плодородных земель в районах добычи и переработки сырья. Поэтому в промышленно развитых странах техногенное сырье интенсивно используется и практически полностью утилизируется. В России, как показывает имеющаяся информация о количестве, качестве, технологической изученности и объемах использования техногенного сырья, эта проблема находится в начальной стадии решения.

В то же время, в отвалах и хвостохранилищах заскладировано около 50 млрд. т горных пород и хвостов переработки минерального сырья. Наибольшую техногенную нагрузку несут районы Урала, Западной Сибири, Севера и Дальнего Востока. Утилизация техногенных отходов пока ограничивается производством строительных материалов. Степень использования техногенных отходов, например, по Уральскому региону составляет около 40% от годового их образования. На обогатительных фабриках, перерабатывающих медные и медно-цинковые руды, ежегодно образуется 5–7 млн. т хвостов, в которых содержится 0,5–2,5 г/т Au, 1–20 г/т Ag, 0,3–0,5% Zn, 0,2–0,5% Cu, 20–35% S, более 50% Fe. Выполненные рядом институтов исследования (Унипромедь, ЦНИГРИ и др.) по переработке хвостов обогатительных фабрик показали технологическую возможность и рентабельность переработки некоторых видов хвостов.

Нами изучена возможность извлечения золота из лежалых хвостов с использованием йодного выщелачивания. Объектом исследований служила проба лежалых пиритных хвостов Урупского ГОКа (45,5% SiO₂, 20,5% Fe_{общ}, 0,22% Cu, 0,10% Zn, 0,03 As, 17,0% S, 0,94 г/т Au, 6,7 г/т Ag). По минеральному составу хвосты представлены кварцем (35%), пиритом (25%) и хлоритами (28%), содержание гидроксидов железа составляет 6%. Гранулометрически хвосты представлены мелкозернистым материалом с высоким (39,5%) выходом мелких (–0,1 мм) фракций.

Фазовый анализ золота показал, что основная доля металла в пробе лежалых хвостов

(62,5%) находится в сульфидах (табл. 1), т.е. лежалые пиритные хвосты относятся к упорному сырью. Цианированием извлекается 26% Au. Медь представлена в основном первичными сульфидами (37,4%) и сульфатами (38,4%) (табл. 2). Для извлечения тонковкрапленного в суль-

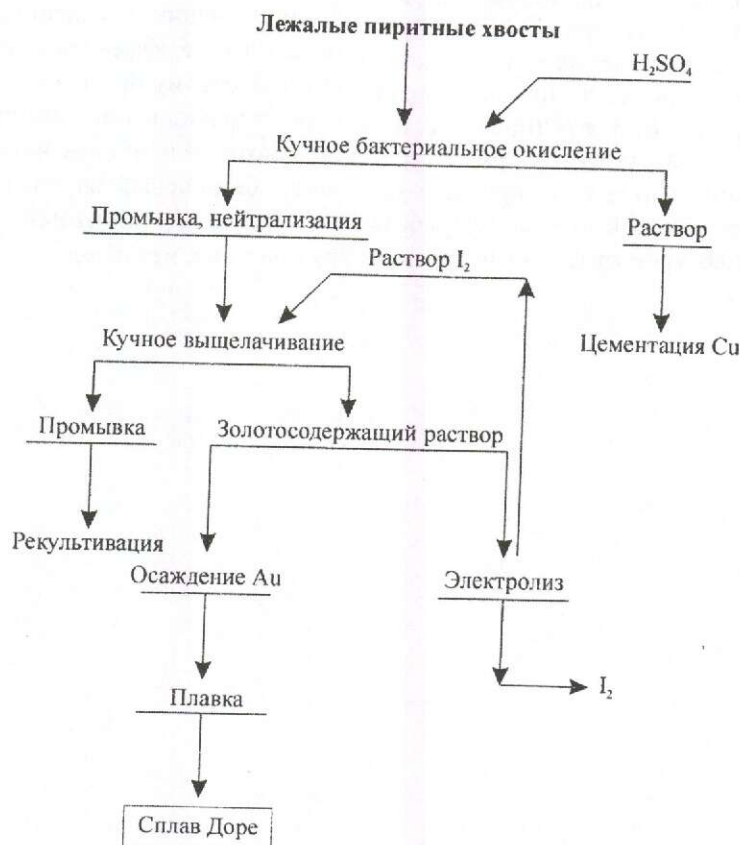
бактериальное окисление (БО) сульфидов. Такая комбинированная биоготехнология извлечения золота из лежалых пиритных хвостов ранее была разработана в ЦНИГРИ (Г.С.Крылова, Г.В.Седелникова, Е.Е.Савари, В.Н.Елисеев, 2000).

1. Результаты фазового анализа золота в лежалых пиритных хвостах

Формы нахождения Au	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
Свободное и в открытых сростках (цианируемое)	0,25	26,0
Заключенное в минералах, растворимых в HCl	0,06	6,3
Заключенное в сульфидах	0,60	62,5
Заключенное в кварце	0,05	5,2
Итого	0,96	100,0

фида золота его необходимо вскрыть перед цианированием. Учитывая низкое содержание золота в исходном сырье (1 г/т), наиболее пригодной технологией его переработки является кучное выщелачивание, а для вскрытия золота —

Биоготехнология включает кучное БО сульфидов, промывку и нейтрализацию хвостов БО, кучное цианидное выщелачивание золота из хвостов БО. При выщелачивании золота по этой схеме были получены следующие показатели: за



Принципиальная технологическая схема переработки лежалых золотопиритных хвостов

2. Результаты фазового анализа меди
в лежалых пиритных хвостах

Формы нахождения Cu	Содержание Cu, %	Распределение Cu, %
Сульфидная первичная	0,076	37,4
Сульфидная вторичная	0,018	8,9
Сульфатная	0,078	38,4
Окисленная свободная	0,020	9,8
Окисленная связанная	0,011	5,5
Итого	0,203	100,0

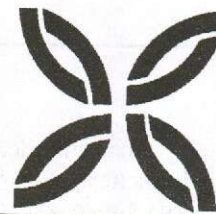
25 суток выщелачивания при интенсивности орошения цианистым раствором 100 л/т в сутки извлечение золота составило 54,8% при расходе цианида 1,5 кг/т хвостов.

Исходя из собственных исследований (Г.С. Крылова, Г.В. Седельникова, 2003) и литературных данных в ряде случаев растворение золота галогенидными системами более целесообразно, чем цианидными. Хвосты БО лежалых пиритных хвостов выщелачивали рабочим раствором йода с концентрацией 0,02% при интенсивности орошения 100 л/т сутки. Для извлечения золота из растворов использовали метод химического осаждения. Обеззолоченные растворы направляли на электролиз для регенерации йода. В результате йодного выщелачивания за 17 суток извлечение золота из продукта БО составило 60,0% при расходе йода 0,05 кг/т (против соответственно 25 суток, 54,8% и 1,5 кг/т при цианидном выщелачивании). Кроме того, при испытаниях биоготехнологической схемы переработки лежалых пиритных хвостов была извлечена и

медь (44,7% в бактериальные и 7,5% в йодные растворы). Технологическая схема переработки лежалых золотопиритных хвостов приведена на рисунке.

Таким образом, исследования показали, что золотосодержащие хвосты обогащения могут рассматриваться в качестве потенциального источника золота. Для извлечения золота из данного типа сырья принципиально пригодна биоготехнологическая схема с использованием цианистых или нецианистых растворителей. Использование йодного растворителя исключает операции промывки и нейтрализации продуктов бактериального окисления, так как йодное выщелачивание эффективно протекает и в кислой среде. Поэтому применение биоготехнологической схемы на основе нецианистого растворителя золота — наиболее экономичный и экологически безопасный вариант переработки техногенных золотопиритных хвостов обогащения руд цветных металлов.

ПОЗДРАВЛЕМ С ЮБИЛЕЕМ



2 апреля 2004 г. исполнилось 90 лет **Лидии Яковлевне Лапиной** — старейшему сотруднику Нигризолото-ЦНИГРИ.

Многолетняя и плодотворная трудовая деятельность Л.Я.Лапиной связана с ЦНИГРИ, где она проработала 34 года (1939–1973 гг.).

После окончания в 1938 г. геологического факультета Свердловского государственного университета и короткой работы прорабом в Уральском геологическом управлении в 1939 г. Лидия Яковлевна попала в Северо-Енисейскую партию Нигризолото, и в дальнейшем прошла с институтом тяжелый путь войны, напряженные полевые и камеральные исследования тех грозных лет, сочетавшиеся с трудным, неустроенным бытом.

Л.Я.Лапина внесла большой вклад в изучение геологии россыпей многих районов России. В таких районах, как Ленский, на Джугджуре и Алдане она была одним из первых исследователей-геоморфологов. Составленные ею детальные карты золотоносности этих районов на долгое время стали основой дальнейших поисковых работ.

Лидия Яковлевна вместе со своим мужем Сергеем Семеновичем Лапиным — первооткрыватели уникального Куранахского золоторудного месторождения, а также богатейшей россыпи Центрального Алдана по р. Большая Тырканда.

Лидия Яковлевна организовала в ЦНИГРИ одну из первых в стране палинологическую лабораторию и многие годы вела плодотворные исследования стратиграфии кайнозойских отложений, имевшие важное значение для понимания геологической истории, возраста и условий формирования россыпей золота различных регионов.

Замечательные человеческие качества Лидии Яковлевны — доброта к людям, душевность, четкость в работе, организованность — всегда привлекали к ней людей. Именно поэтому на протяжении ряда лет она успешно работала ученым секретарем и заведующей научно-технической библиотекой и фондов ЦНИГРИ.

Самоотверженный труд Л.Я.Лапиной высоко оценен руководством отрасли — она награждена медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «В память 800-летия Москвы», «За трудовое отличие».

Администрация ЦНИГРИ, коллеги и друзья сердечно поздравляют Лидию Яковлевну Лапину с замечательным юбилеем и желают ей здоровья и благополучия.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Исполнилось 70 лет **Владиславу Михайловичу Яновскому** — доктору геолого-минералогических наук, крупному ученому в области геологии золоторудных месторождений, одному из ведущих специалистов ЦНИГРИ.

В.М.Яновский в 1957 г. окончил геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова. По распределению был направлен на работу в Четвертое геологическое управление МГ СССР, где проработал с 1957 г. по 1961 г. геологом, а затем старшим геологом в геологических партиях, ведущих специализированные геологические съемки в Приохотье и Якутии.

В 1961 г. Владислав Михайлович пришел работать в ЦНИГРИ, с которым связана вся его дальнейшая научно-производственная деятельность. Занимаясь изучением золоторудных месторождений на Южном Урале, в Восточном Казахстане, Верхне-Амурской области, на Енисейском кряже, в Ленской золотоносной провинции, Центральной Колыме и Якутии, В.М.Яновский прошел путь от младшего геолога, начальника отряда до ведущего специалиста страны в области геологии золоторудных месторождений.

В самом начале своей геологической деятельности он занимался изучением закономерностей развития структур рудных полей. С этой тематикой связана его кандидатская диссертация, посвященная закономерностям распределения золотого оруденения на Кочкарском золото-мышьяковом месторождении Южного Урала.

Работы 1967–1971 гг. в Восточном Казахстане явились началом комплексного изучения золоторудных полей с оруденением кварцево-сульфидного прожилково-вкрапленного типа, локализованных в углеродистых терригенных толщах. Впервые В.М.Яновским были типизированы геологические позиции и структуры месторождений, выявлены особенности рудообразования в терригенных толщах. Это определило дальнейший круг его геологических интересов.

С 1971 г. В.М.Яновский, занимаясь проблемой локализации золотого оруденения в углеродистых терригенных толщах, проводил исследования на золоторудных месторождениях Сибири, Енисейского кряжа, Ленской золотоносной провинции, Центральной Колымы и Якутии. В результате изучения объектов разного ранга (металлогенические пояса, рудные районы, рудные поля) им были типизированы условия формирования и закономерности размещения рудно-магматических систем, систематизированы и описаны эталоны рудных полей и месторождений благородных, цветных и редких металлов в терригенных комплексах миогеосинклиналей. Занимался он также проблемой образования крупных и уникальных месторождений, разрабатывал вопросы, касающиеся геодинамических условий формирования золоторудных объектов. Результаты исследований легли в основу докторской диссертации и многочисленных научных статей и монографий. Эти работы известны широкому кругу геологов и по достоинству оценены геологической общественностью.

В.М.Яновский пользуется большим авторитетом и уважением среди геологов, особенно среди геологов Северо-Востока России. В течение многих лет он был куратором ЦНИГРИ по рудному золоту ЯАССР, экспертом ГКЗ СССР.

Свой опыт, знания, способность трудиться с полной самоотдачей Владислав Михайлович передал ученикам, ставшим зрелыми специалистами, но всегда с теплотой и благодарностью относящихся к своему наставнику.

Высокообразованный, интеллигентный, доброжелательный, отзывчивый, настоящий Ученый и Геолог Владислав Михайлович Яновский продолжает активно работать.

Соратники, коллеги, друзья и ученики поздравляют Владислава Михайловича с юбилеем, желают крепкого здоровья и научного творчества на многие годы.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

Объем статьи не должен превышать 15 страниц машинописного текста, включая аннотацию (не более 1/3 страницы), таблицы и список литературы. Текст печатается на одной стороне листа, все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляется статья — распечатка с принтера, а также текст на дискете в форматах Text format (*.rtf) или Microsoft Word (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr (размер 12, двойной межстрочный интервал); для таблиц — такой же шрифт (размер 9–10, один межстрочный интервал). По окончании работы дискеты возвращаются автору по требованию. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail: tsnigri@pol.ru.

Рисунки и другие графические материалы (не более 4) принимаются на дискетах с распечаткой на принтере и прилагаются к статье в двух экземплярах. На оборотной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. **Размер оригиналов рисунков и таблиц** не должен превышать 23×16 см с учетом подрисовочной подписи. **Цифры и буквы** в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются **курсивом**. Текстовые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр должен быть не менее 2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в форматах TIFF bitmap (*.tif), Corel Draw (*.cdr) или Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Подрисовочные подписи печатаются на отдельной странице. Цветные рисунки и фотографии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0 или 3.0. Допускается вписывать в текст математические формулы и химические символы от руки тушью или черными чернилами. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные (подчеркнуть двумя линиями снизу), так и строчные (подчеркнуть сверху) начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские — синим (кроме символов химических элементов).

Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи, обязательно указывается источник по списку литературы.

Список литературы (не более 15 названий) нумеруется в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы даются соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать работы, на которые нет ссылок в тексте статьи, а также неопубликованные.

Статья подписывается автором (авторами), в конце ее приводятся фамилия, имя и отчество (полностью) автора, место работы, занимаемая должность, ученая степень, адрес, служебный и домашний телефоны.

Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами руководством организации или лично автором (авторами).

МОСЭКСПО-МЕТАЛЛ

Телефоны: (095) 330-1983, 330-6210, 331-2666
Факс: (095) 331-4542, e-mail: mmetal@east.ru



8 лет
на Д
рынке М

Металлы

Максимальное извлечение
Минимальные сроки
Лучшие цены

Регистрационное удостоверение Центральной Государственной
Инспекции Пробирного надзора № 22214 от 01 апреля 2002 г.

Сбор и комплексная переработка
вторичного сырья, содержащего

Драгоценные

Мы принимаем на переработку и покупаем:

- устаревшую вычислительную технику,
- электронный и электротехнический лом,
- отработанные катализаторы, промышленные отходы (шлаки, пыли, кеки и т.п.) содержащие драгоценные металлы,
- лом и отходы ювелирного производства, соли и кислоты драгоценных металлов.