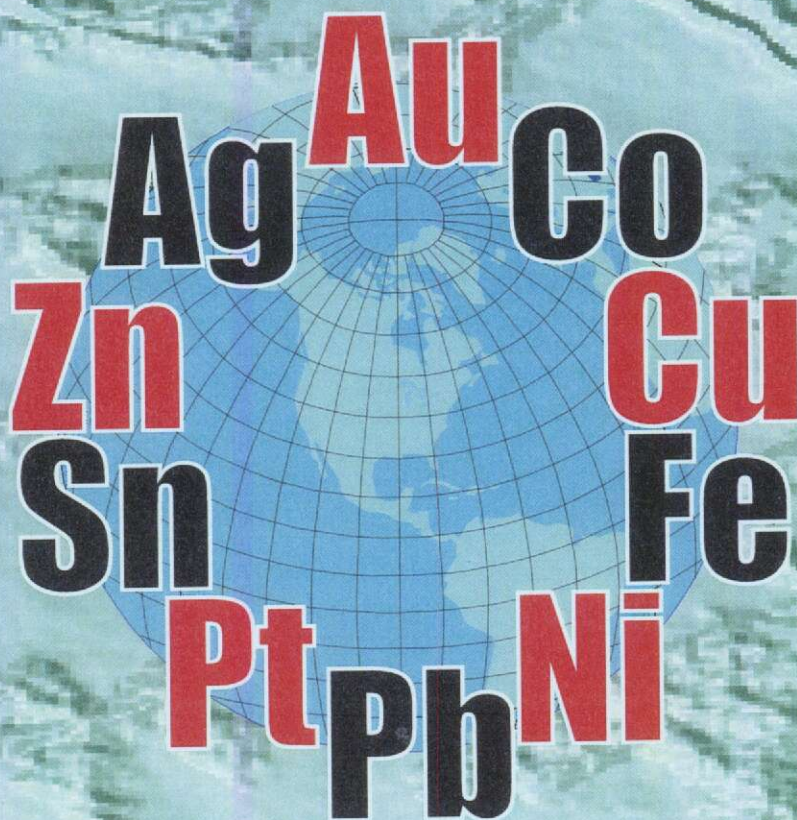


# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИИГРУ МПР России

Главный редактор

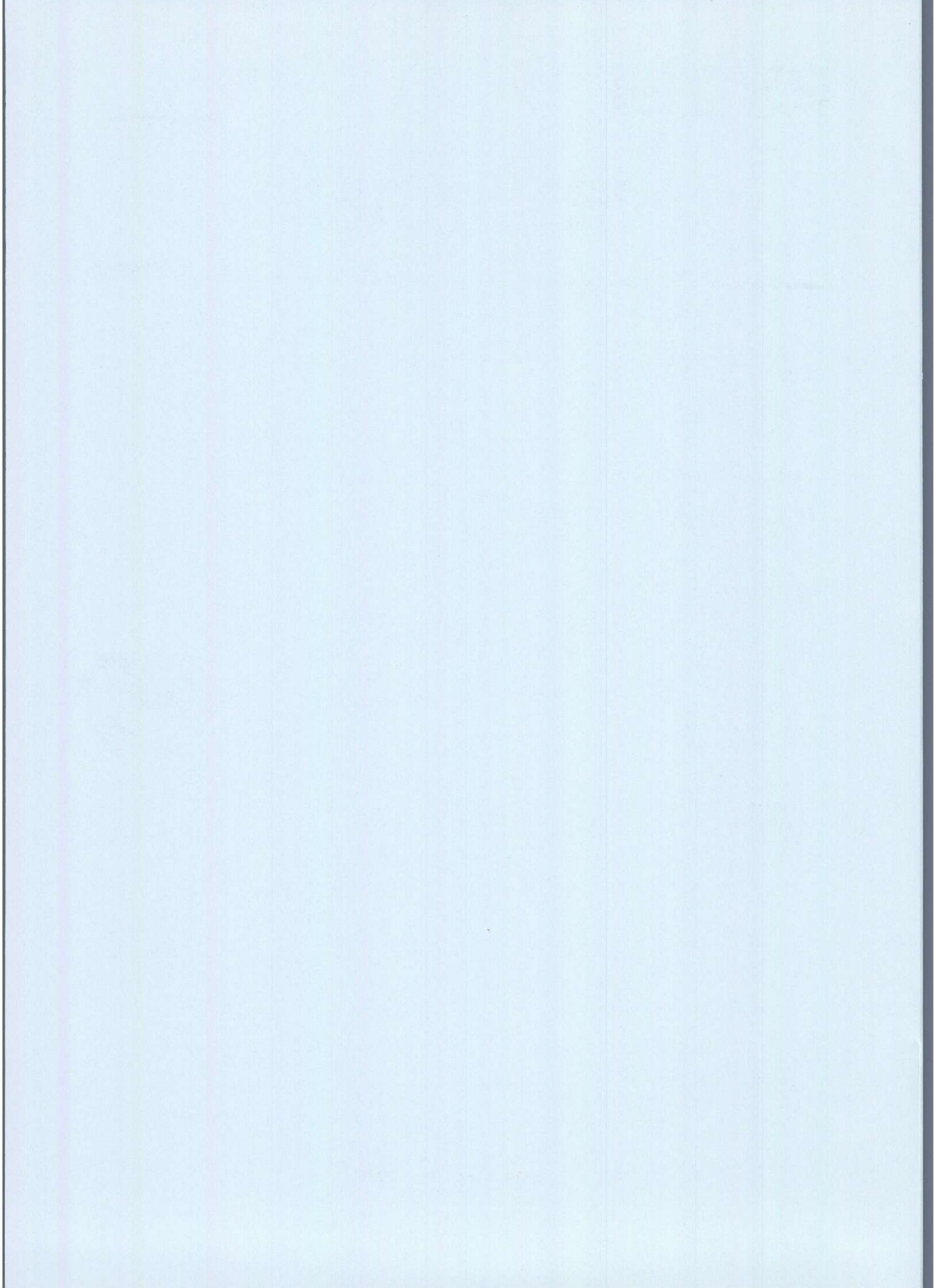
И.Ф. Мигачёв



4/2005

ISSN 0869-5997





# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



**4/2005**

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  
П. А. ИГНАТОВ  
М. А. КОМАРОВ  
М. М. КОНСТАНТИНОВ  
А. И. КРИВЦОВ, зам. главного редактора  
В. В. КУЗНЕЦОВ  
Н. К. КУРБАНОВ  
Е. В. МАТВЕЕВА  
Г. А. МАШКОВЦЕВ  
В. М. МИНАКОВ  
Н. И. НАЗАРОВА, зам. главного редактора  
Г. В. РУЧКИН  
Ю. Г. САФОНОВ  
Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА  
В. И. СТАРОСТИН



**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 2005**

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

Сдано в набор 20.06.2005 г.  
Подписано в печать 18.07.2005 г.  
Тираж 400 экз.

Формат 60x88 1/8  
Бумага офсетная № 1  
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ  
Телефон: 315-28-47  
Факс: 313-18-18  
E-mail: [tsnigri@tsnigri.ru](mailto:tsnigri@tsnigri.ru)  
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»



**Прикладная металлогения**

*Халезов А.Б.*  
Ураноносность Верхнекамского осадочного бассейна

5

*Третьяков А.В.*  
О россыпной золотоносности древних долин Западно-Калбинского района в Восточном Казахстане

17

**Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений**

*Исоков М.У.*  
Методологическая база геологоразведочных работ на золото в Узбекистане и основные направления ее развития

23

**Строение рудных месторождений**

*Гусев А.И., Семенцов Б.Г.*  
Новые данные по магматизму и оруденению Калгутинского месторождения, Горный Алтай

27

*Николаева Л.А., Яблокова С.В., Остроумова Н.П., Матвеева Е.В., Некрасова А.Н., Михайлова Л.В., Шатилова Л.В.*

Золоторудная минерализация и типоморфизм самородного золота Халмерьинского рудного поля, Приполярный Урал

33

*Воробьева С.В.*  
О молибденсодержащих сульфидных рудах Восточного Оренбуржья

43

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

*Чепуров А.И., Сонин В.М., Федоров И.И., Чепуров А.А., Жимулев Е.И.*

Генерация микровключений в синтетических кристаллах алмаза под воздействием высоких *PT*-параметров

49

**Applied metallogeny**

*Khalezov A.B.*  
Uranium potential of Verkhnekamsky sedimentary basin

*Tretyakov A.V.*  
Placer gold potential of paleovalleys, West-Kalbinsky area of Eastern Kazakhstan

**Methods and techniques of deposit prognosis, prospecting, assessment and exploration**

*Isokov M.U.*  
Methodological base of gold exploration activities in Uzbekistan and main directions of its development

**Structure of ore deposits**

*Gusev A.I., Sementsov B.G.*  
New data on magmatism and mineralization of Kalgutinskoye deposit, Highland Altai

*Nikolayeva L.A., Yablokova S.V., Ostroumova N.P., Matveyeva E.V., Nekrasova A.N., Mikhailova L.V., Shatilova L.V.*

Gold mineralization and typomorphism of native gold at Khalmeryinskoye ore field, Circumpolar Urals

*Vorobyova S.V.*  
Molybdenum-rich sulfide ores of Eastern Orenburg region

**Instrumentation and technologies of exploration**

*Chepurov A.I., Sonin V.M., Fyodorov I.I., Chepurov A.A., Zhimulev E.I.*

Generation of microinclusions in synthetic diamond crystals under the influence of high *PT*-parameters

**Дискуссии****Discussions***Калинин А.И.*

Золото Центральной Колымы

54

*Kalinin A.I.*

Central Kolyma gold

*Образцов А.И.*

О критериях и методах поиска золоторудных месторождений

58

*Obraztsov A.I.*

Criteria and methods of gold deposit prospecting

**Письмо в редакцию****Letter to the editorial board**

Главному редактору журнала «Руды и металлы»

63

To the Editor-in-Chief of «Rudy i Metally»

**Поздравляем с юбилеем****Congratulations on anniversary**

И.Я.Полывянного, В.М.Кулигина, Г.К.Хачатрян

66

I.Ya.Polyvyanny, V.M.Kuligin, G.K.Khachatryan





## УРАНОНОСНОСТЬ ВЕРХНЕКАМСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА

А.Б.Халезов (ВИМС МПР России)

*В пределах Верхнекамского осадочного бассейна известны небольшие месторождения урана, ряд рудопроявлений и многочисленные радиометрические аномалии, связанные с верхнепермской красноцветной формацией. Подавляющая их часть приурочена к слаболитифицированным песчаным и песчано-глинистым отложениям погребенных речных долин, развитых на нескольких стратиграфических уровнях. Ураноносные речные долины формировались в условиях аридного климата и слабых замедленных эпейрогенических движений, одновременно с пульсирующим горообразованием на Урале, служившем источником обломочного материала. Локализация уранового оруденения обусловлена последовательным проявлением синдиagenетических и эпигенетических инфильтрационных урановорудных процессов. Их сочетание привело к образованию известных и, возможно, еще не обнаруженных месторождений урана.*

Инфильтрационные месторождения урана в современных или древних зонах пластового и грунтового окисления относятся к важнейшему геолого-промышленному типу, на который приходится значительная часть мировых запасов металла и мировой добычи. Несмотря на низкие содержания урана в рудах, отработка этих месторождений рентабельна в связи с возможностью применения эффективного способа скважинного подземного выщелачивания.

Мелкомасштабные прогнозные исследования на территории России показали, что для этого региона наиболее перспективна разновидность инфильтрационных месторождений, локализованных в эрозионных палеорусловых структурах и сформированных древними зонами окисления.

Месторождения в палеоруслах широко известны в Российской Федерации, США, Австралии и других странах. Обычно они характеризуются небольшими запасами, которые редко достигают 10–20 тыс. т урана. Однако, как правило, месторождения этого типа не одиночны, а образуют целые рудные районы, общие ресурсы урана в которых достигают 50–100 тыс. т, что значительно повышает экономическую значимость данных месторождений.

Выделяются два структурно-формационных типа месторождений в палеоруслах — базальный и

внутриформационный [15]. Месторождения первого типа в России относятся к промышленным и достаточно хорошо изучены. Они выявлены в южном обрамлении Западно-Сибирской плиты (Далматовское и др.) и в Забайкалье на Витимском плато (Хиагдинская группа) [8]. Промышленная значимость рудных концентраций урана, локализованных во внутриформационных палеоруслах, на территории России еще не определена. Однако в США промышленные месторождения подобного типа хорошо известны на плато Колорадо [6].

В России внутриформационные ураноносные палеорусла широко распространены на Русской платформе, в пределах Верхнекамского осадочного бассейна (ОБ). Их продуктивность на уран оценивалась в 60–70-е годы специализированным предприятием «Зеленогорскгеология» (И.Л.Лучинин, С.И.Долбин и др.) и при массовых поисках Удмуртской геологоразведочной экспедицией (А.С.Воейков, Г.С.Осокин, Ф.С.Мударисов и др.) совместно с ВИМСом (А.Б.Халезов). В результате были обнаружены Черепановское и Виноградовское месторождения, ряд рудопроявлений и многочисленные радиометрические аномалии. В связи с небольшими размерами месторождений и обеспеченностью промышленности ураном за счет крупных месторождений, расположенных в странах СНГ, оценка перспектив данного района была приостановлена. В то



же время выявленные концентрации урана в палеорулах на нескольких стратиграфических горизонтах и рассредоточенные на площади более 30 000 км<sup>2</sup> позволяют рассматривать Верхнекамский ОБ как потенциально промышленный. Дальнейшее изучение его ураноносности имеет практический и научный интерес. В том числе и при рассмотрении вопроса о перспективах на уран данной геологической формации в других районах Русской платформы [3] и для изучения ее металлоносности в целом.

Опубликованные данные по ураноносности Верхнекамского ОБ немногочисленны [11, 12, 14] и в настоящее время нуждаются в уточнении.

Верхнекамский ОБ расположен в восточной части Русской платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы. В структурном отношении он соответствует Верхнекамской впадине и относится к слабодислоцированным ОБ платформенного типа [7]. Начало его формирования как самостоятельной структуры связано с крупной тектонической перестройкой в регионе на рубеже раннепермского и позднепермского времени: с воздыманием Урала, закрытием Предуральского передового прогиба, образованием сводовых поднятий и отрицательных структур Волго-Уральской антеклизы.

Верхнекамский ОБ ограничен на юге Татарским, на востоке Пермским, на севере Камским сводами, а на западе Вятской зоной дислокаций, отделяющей ОБ от Токмовского свода (рис. 1).

Подавляющая часть урановорудных объектов сосредоточена на юго-востоке ОБ. Геологический разрез общей мощностью до 800 м в этой части бассейна представлен (сверху вниз) преимущественно континентальными, реже прибрежными красноцветными и пестроцветными терригенными отложениями позднепермского возраста. Толща расчленена на татарский, казанский и уфимский ярусы. В северо-западном направлении она сменяется сероцветными и пестроцветными карбонатными и терригенными морскими отложениями (казанский век) и озерно-морскими (татарский век), в том числе с высокой соленостью. Последние характеризуются распространением доломитов, гилса, ангидрита с баритом, целестином, анальцимом (см. рис. 1). Ниже залегают сероцветные морские карбонатные и реже обломочные отложения ранней перми, карбона и девона, с которыми связаны месторождения нефти. Глубина залегания кристаллического фундамента 3–5 км.

Верхнепермские отложения полого погружаются на север и перекрываются образованиями триаса, юры и мела. Залегание осадочного чехла осложнено валлообразными и куполовидными пологими поднятиями.

В гидрогеологическом отношении район представляет собой Верхнекамский артезианский бассейн.

Известные месторождения урана, рудопроявления и радиометрические аномалии связаны с отложениями верхнеказанского и татарского возрастов. Разрез их на юго-востоке ОБ имеет четко выраженное ритмичное строение (рис. 2). Каждый крупный ритм соответствует определенному регионально выдержанному стратиграфическому подразделению [4, 10].

Нижние части ритмов сложены осадками умеренно возвышенных аллювиальных равнин. Среди них широко развиты образования водораздельных пространств, представленные красноцветными алевроглинистыми отложениями, и песчано-гравийные отложения рек. Верхние части ритмов представлены образованиями низменных аллювиальных равнин, временами заливаемых морем или озером-морем, — красноцветными, существенно глинистыми, отложениями с прослоями карбонатных пород и небольшими линзами песчаников.

Речные осадки, развитые в нижних частях ритмов, выполняют одиночные русла и речные долины со сложным строением [4].

Одиночные русла в плане имеют вид лент шириной от первых десятков до первых сотен метров. Глубина эрозионного вреза составляет 10–25 м. Русла этого типа обычно отмечаются в нижних и средних частях разрезов стратиграфических горизонтов (ритмов). Выполняющие их отложения имеют простое строение и представлены грубо- и среднезернистыми полимиктовыми косослоистыми окисленными песчаниками зеленовато-желтого (табачного) цвета. Урановое оруденение в них отсутствует.

Речные долины со сложным строением располагаются в основании стратиграфических горизонтов. С ними связаны почти все выявленные концентрации урана.

Ураноносные речные долины прослеживаются в северном и северо-западном направлениях на расстояние до 150 км. Ширина долин 2–5 км. Углы наклона их бортов на юго-востоке местами достигают 45°, а на севере и северо-западе, вблизи устья, — не более 10–12°. Речные долины врезаны в красноцветные отложения нижележащих горизонтов. Глубина эрозионных врезов на юго-востоке достигает 10–30 м, а на северо-западе, в устьях рек, не более 10 м.

Осадки речных долин представлены главным образом отложениями русел, пойм и стариц, связанными между собой фациальными переходами. Отложения русел характеризуются развитием полимиктовых косослоистых слаболитифицирован-



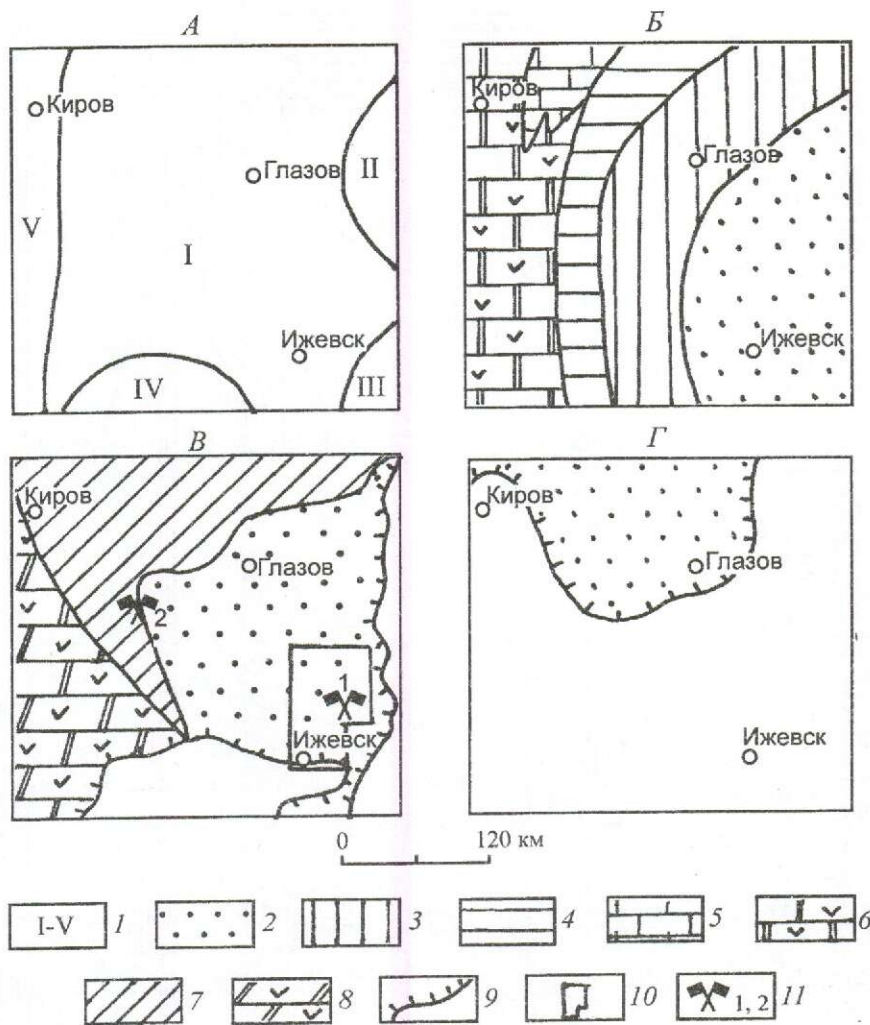


Рис. 1. Тектоническая (А) и литолого-палеогеографические (Б, В, Г) схемы изучаемого района, по Н.Н.Фори, 1951; В.И.Игнатьеву, 1963; А.Б.Халезову, 1964:

Б — позднеказанское, В — раннетатарское (уржумское), Г — вятское время; 1 — основные структуры (I — Верхнекамская впадина, II — Пермский, III — Башкирский, IV — Татарский своды, V — Вятская зона дислокации); аллювиальные равнины; 2 — относительно возвышенные, 3 — низменные (красноцветные песчаники, алевролиты, глины водораздельных пространств и озер, сероцветные и желтоцветные песчаники с линзами конгломератов речных долин), 4 — временами заливаемые морем (пестроцветные песчаники, алевролиты, глины с прослоями карбонатных пород); 5 — море с нормальной соленостью (известняки); 6 — море, лагуны с высокой соленостью (загипсованные доломиты с прослоями гипса); 7 — озеро-море с нормальной соленостью (пестроцветные обломочные породы с прослоями карбонатных пород); 8 — озеро-море, лагуны с повышенной соленостью (карбонатные загипсованные породы с прослоями гипса и пестроцветные обломочные породы); 9 — граница распространения отложений татарского яруса; 10 — район схем речных палеодолин м-ба 1:1 000 000; 11 — месторождения урана (1 — Черепановское, 2 — Виноголадовское)

ных, рыхлых грубо- и среднезернистых песчаников серого и зеленовато-желтого (табачного) цвета с прослоями гравия и конгломератов. Мощность косослоистых серий в основании речных отложений 30–80 см, наклон слоев 10–25°, что свойственно крупным речным потокам, обладающим значительной скоростью течения. Пойменные отложения состоят из чередующихся мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов серого и бурова-

то-серого, иногда кирпично-красного цвета часто с тонкогоризонтальной или волнистой слоистостью.

Отложения стариц отличаются более глинистым составом. Для них характерно чередование серых, черных глин, серых алевролитов и тонкозернистых песчаников с тонкой горизонтальной слоистостью. Они залегают среди русловых образований или на контакте последних с пойменным аллювием.

Местами в вертикальном разрезе речных отло-

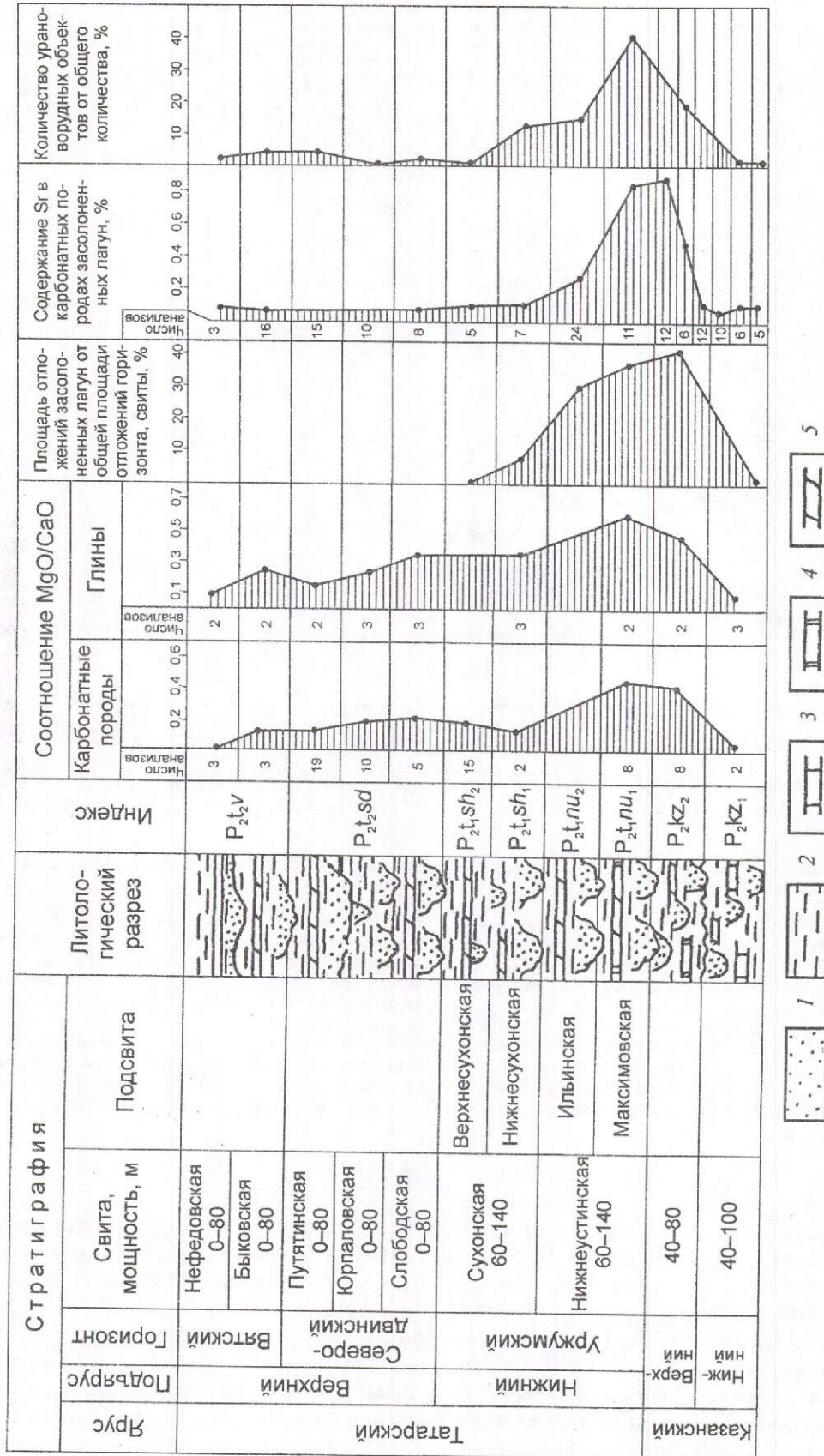


Рис. 2. Стратиграфическая и литологическая колонки казанского и тагарского ярусов юго-восточной части Верхнекамского ОБ с данными ураноносности пород:

1 — песчаники с линзами конгломератов и гравелитов; 2 — песчаники мелкозернистые, алевролиты, гравелиты; 3 — известняки; 4 — доломиты; 5 — мергели



жений наблюдается неоднократное чередование пород разных литогенетических типов, например грубообломочных русловых и алевроглинистых старичных с частичным размывом последних. В средних и верхних частях разреза встречаются прослои красноцветных существенно глинистых пород с вертикальными трещинами усыхания, заполненными песчаным материалом, что свидетельствует о временном пересыхании рек. Строение и состав верхнепермских отложений речных долин закономерно изменяются по разрезу.

Палеодолины казанского яруса характеризуются неглубоким эрозионным врезом амплитудой до 10–15 м. Выполняющие их отложения представлены преимущественно среднезернистыми песчаниками. Отложения стариц, обогащенные углистым органическим веществом, в них развиты слабо. Глубина эрозионного вреза речных долин нижнетатарского подъяруса увеличивается до 20–30 м. Для них характерны наличие многочисленных меандр и широкое распространение старичных и пойменных отложений. Залегające выше по разрезу речные долины верхнетатарского подъяруса врезаны в подстилающие отложения на глубину 30 м и более. Они выполнены главным образом грубообломочными породами — грубозернистыми песчаниками, гравелитами и конгломератами. Старичные отложения для них не характерны. Указанные изменения в строении речных долин свидетельствуют о постепенном нарастании амплитуды пульсирующих положительных тектонических движений от позднеказанского времени к концу татарского века.

В составе гравийно-песчаных отложений нижнетатарского подъяруса преобладают обломки пород ближнего сноса — красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, карбонатные породы серого и розоватого цвета, а в отложениях верхнетатарского подъяруса значительную долю составляют породы уральского происхождения. Гальки красноцветных пород часто почти полностью или по краям осветлены и имеют светло-серый или голубовато-серый цвет, что свидетельствует о восстановлении железа в условиях диагенеза осадков.

Минеральный состав песчаников рассматриваемых отложений также непостоянен. Он существенно изменяется как по разрезу, так и по площади. Из таблицы видно, что аллювиальные песчаники нижнетатарского подъяруса, в сравнении с другими горизонтами, отличаются высоким содержанием кварца — 50%, меньшим количеством обломков пород — 25% (легкая фракция), высокими значениями циркона, граната, турмалина — 18% и более низким содержанием эпидота, цоизита — 25%, пироксенов и амфиболов — 1% (тяжелая фракция). В

песчаниках озерно-морского происхождения того же возраста содержание кварца достигает 70%, циркона, граната, турмалина 40%, но меньше обломков пород — 9%. Обломков полевых шпатов в них 21%, другие менее устойчивые акцессорные минералы отсутствуют, что, несомненно, связано с разрушением обломочного материала во время транспортировки и условиями отложения осадков в волноприбойной зоне. Сходная закономерность в изменении минерального состава песчаников на площади, при переходе от отложений аллювиальных равнин к прибрежно-морским, отмечается и для отложений казанского яруса, но не так ярко выражена. Еще в меньшей степени она проявлена в отложениях северодвинского горизонта верхнетатарского подъяруса (см. таблицу).

Все сероцветные породы речных долин характеризуются наличием углефицированных растительных остатков. Содержание  $C_{орг}$  в русловых песчаниках 0,1–0,05%, в старичных и пойменных оно значительно выше и составляет в среднем около 1%.

Из аутигенных минералов в сероцветных породах наиболее распространен пирит в виде тонкой вкрапленности и мелких стяжений. Количество пирита в них прямо зависит от содержания растительного органического вещества, что говорит в пользу его диагенетического происхождения.

Для русловых отложений весьма типично наличие кальцитизированных сероцветных песчаников в виде прослоев, линз и стяжений округлой формы, типа калькретов, приуроченных к определенным гипсометрическим уровням. Мощность прослоев карбонатизированных пород 0,2–0,5 м и редко достигает 1,2–2 м. Диаметр стяжений округлой формы 0,2–1 м. Кальцит замещает глинистый цемент, обломки кварца, полевых шпатов, растительный детрит, местами образует цемент базального типа. Особенность карбонатизированных песчаников — наличие местами в кальцитовом цементе кристаллов анальцита и их сростков, составляющих 10–15% объема породы [11], и нередко повышенные (0,001–0,01%) содержания урана.

Среди сероцветных отложений речных долин широко развиты русловые зеленовато-желтые (табачные) песчаники обычно без углефицированных растительных остатков и пирита, но иногда с их реликтами в виде псевдоморфоз гидроксидов железа. Указанные песчаники повсеместны в отложениях палеодолин всех стратиграфических горизонтов, независимо от глубины их залегания, на всем протяжении речных долин до их устьев. Зеленовато-желтая окраска, по-видимому, связана с окислением песчаников с низкими содержаниями  $C_{орг}$  в условиях диагенеза осадков, в том числе во время пе-



Минеральный состав песчаников казанского и татарского ярусов Верхнекамского осадочного бассейна

Ярус	Полъярус	Горизонт	Количество урановорудных объектов, %	Отложения аллювиальных равнин								Отложения прибрежно-морские и озерно-морские														
				Легкая фракция, %				Тяжелая фракция, %				Легкая фракция, %				Тяжелая фракция, %										
				Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород	Число анализов	Лиркон, гранат, турмалин	Рутил, сфен, анатаз, брукит	Эпидот, цоизит	Лироксенит, амфиболы	Барит, целестин	Гидроксиды железа, рудные минералы	Число анализов	Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород	Число анализов	Лиркон, гранат, турмалин	Рутил, сфен, анатаз, брукит	Эпидот, цоизит	Лироксенит, амфиболы	Барит, целестин	Гидроксиды железа, рудные минералы	Число анализов	
Казанский	Верхний	Уржумский	60	50	25	25	80	18	3	25	1	3	50	71	70	21	9	24	40	5	Нет	Нет	5	Нет	50	24
				30	32	38	25	4	1	26	4	5	60	25	49	30	21	15	20	2	6	Нет	8	64	15	
	Нижний			25	37	38	28	6	3	28	7	1	55	27	50	25	25	15	10	2	12	Нет	2	74	15	
Татарский	Верхний	Свердловский	5	35	25	40	25	8	2	48	10	Нет	32	24	36	26	38	44	10	3	37	5	Нет	45	44	
				5	35	40	16	8	3	45	6	Нет	38	16	36	26	38	44	10	3	37	5	Нет	45	44	
Ярус	Полъярус	Горизонт	Количество урановорудных объектов, %	Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород	Число анализов	Лиркон, гранат, турмалин	Рутил, сфен, анатаз, брукит	Эпидот, цоизит	Лироксенит, амфиболы	Барит, целестин	Гидроксиды железа, рудные минералы	Число анализов	Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород	Число анализов	Лиркон, гранат, турмалин	Рутил, сфен, анатаз, брукит	Эпидот, цоизит	Лироксенит, амфиболы	Барит, целестин	Гидроксиды железа, рудные минералы	Число анализов	



риодического пересыхания рек. Однако не исключено, что табачный цвет песчаников в значительной степени — результат их неполного восстановления в диагенезе, и в этом случае его можно рассматривать как первичный цвет породы.

Реже встречаются песчаники с яркой желтой или буро-желтой окраской послойного и пятнистого характера, обусловленной эпигенетическим окислением сероцветных пород с относительно высоким содержанием  $S_{орг}$  и пирита. В отложениях русел казанского и раннетатарского возрастов, вблизи современного эрозионного среза, известны крупные скопления редкого минерала волконскоита (хромсодержащий монтмориллонит), которые, по видимому, являются реликтами древней коры выветривания, формировавшейся в условиях засушливого климата [1].

Особенности морфологии, литолого-фациального строения и минерального состава отложений речных долин нижнетатарского подъяруса указывают на специфические условия их формирования, которые существенно отличались от таковых ниже и выше лежащих горизонтов. В этот отрезок времени накопление осадков происходило, вероятно, в пределах эрозионно-аккумулятивной равнины на фоне медленного прогибания ОБ, эпейрогенических движений небольшой амплитуды, снижения скорости захоронения осадков, меандрирования рек, обусловивших широкое развитие стариц и пойм, неоднократное переотложение обломочного материала и накопление более устойчивых минералов. Возможно, минералогические особенности нижнетатарских отложений, кроме того, были обусловлены распространением в это время в области сноса на Среднем Урале магматических пород кислого состава, о чем свидетельствует, помимо кварца, более высокое содержание в них циркона и турмалина.

Приведенный материал показывает, что в казанском и татарском веках периодически происходило усиление речного стока в юго-восточную часть Верхнекамского ОБ, связанное с моментами наибольшей горообразовательной и эрозионной активности на Урале. В результате в этой части бассейна формировались аллювиальные эрозионно-аккумулятивные равнины с развитой сетью рек северо-западного и северного простираний, в которых накапливались полимиктовые осадки.

При ослаблении тектонической и эрозионной деятельности на Урале и, соответственно, уменьшении твердого стока в обстановке непрерывного погружения Верхнекамской впадины с запада-северо-запада развивались трансгрессии. В этих условиях отложения аллювиальных равнин перекрывались существенно глинистыми красноцветными

осадками мощностью до 50 м. Неоднократная смена условий накопления осадков определила ритмическое строение толщи и чередование в разрезе горизонтов с различной водопроницаемостью. С каждым новым тектоническим импульсом область развития аллювиальных равнин расширялась на северо-запад. По данным В.И.Игнатьева [4], в конце татарского века аллювиальные равнины достигали северных частей района и Вятской зоны дислокаций. При этом территории Пермского, Башкирского и Татарского сводов, южных и центральных частей Вятского вала испытывали восходящие движения. Накопление осадков на этих структурах, по видимому, не происходило, а речные отложения в палеодолинах нижнетатарского подъяруса частично подверглись эрозии [4].

Климат в казанское и татарское время был засушливым. Это доказывается преобладанием в разрезе континентальных образований красноцветных мелкозёмистых отложений водораздельных пространств, лишенных органического вещества и часто с повышенной карбонатностью ( $CO_2$  2–5%). Наиболее засушливым климат, очевидно, был в конце казанского и начале татарского веков. Об этом свидетельствуют следующие особенности отложений этого возраста: широкое распространение сульфатных и магниезиальных осадков, максимальное значение отношения  $MgO/CaO$  в прослоях карбонатных пород и красноцветных глинах аллювиальных равнин (см. рис. 2), наличие барита и целестина в песчаниках (см. таблицу).

Однако, несмотря на засушливый климат и эпизодическое пересыхание рек, вдоль речных долин, особенно в местах развития стариц и пойм, существовал растительный покров. Его захоронение обусловило широкое распространение сероцветных осадков с углефицированным органическим веществом и пиритом.

Наиболее высоким фоновым содержанием урана характеризуются образования татарского яруса. Сероцветные отложения русел, стариц и пойм содержат 0,01% U, в среднем  $22 \cdot 10^{-4}\%$  (76 анализов), смежные с ними окисленные зеленовато-желтые русловые песчаники —  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$  (52 анализа), красноцветные мелкозёмистые отложения водоразделов того же возраста —  $1,7 \cdot 10^{-4}\%$  (172 анализа), а фациально их замещающие озерно-морские —  $8 \cdot 10^{-4}\%$  (106 анализов). В аналогичных отложениях казанского яруса содержание урана в 2–3 раза меньше [13].

Урановая минерализация сосредоточена главным образом в сероцветных отложениях речных долин нижнетатарского подъяруса и в меньшей степени приурочена к речным отложениям других горизонтов (см. рис. 2).



В юго-восточной части бассейна наиболее ураноносны стратиграфические горизонты максимовской ( $P_{21}m_1$ ) и нижнесухонской ( $P_{21}sh_1$ ) подбит (см. рис. 2). Приведенные литолого-фациальные схемы с данными ураноносности пород составлены автором по результатам буровых и геофизических работ с использованием материалов Н.Г.Бояршиновой, С.Д.Долбилина, А.Л.Зайгермахера, В.Д.Илларионова, Ф.С.Мударисова, Г.С.Осокина (рис. 3).

Ураноносные речные долины, показанные на схемах, образуют сложную эрозионную сеть, что обусловлено неоднократной сменой положения русел главных рек и их притоков. Выполняющие их образования отличаются чередованием в плане и разрезе осадков разных фациальных обстановок — русел, пойм и стариц, среди которых развиты отложения как первично сероцветные, обогащенные углефицированными растительными остатками, так и окисленные зеленовато-желтого и желтого цвета.

Глубина залегания ураноносных отложений изменяется от 0 до 450 м. Минимальные глубины отмечаются на юге и юго-востоке, максимальные — на севере района. Общая закономерность погружения погребенных ураноносных речных долин на север и северо-запад местами нарушается из-за структурных и геоморфологических особенностей района.

Выделяется минерализация двух типов, пространственно тесно связанных между собой, но различающихся по содержанию урана, морфологии и возрасту [12, 14].

Первый тип характеризуется убогим содержанием урана (0,001–0,01%) и равномерным распределением его в породе. Охватывает практически все сероцветные породы, обогащенные обугленными растительными остатками, — песчаники, алевролиты, глины. В местах, где сероцветные породы с повышенным содержанием урана залегают на первично красноцветных алевролитах или глинах, часто с размывом, подстилающие красноцветные породы частично восстановлены и имеют пятнистую окраску за счет появления голубовато-серых пятен, иногда с выделениями пирита и повышенными содержаниями урана.

Второй тип руд локализован в сероцветных породах — песчаниках, глинистых песчаниках, алевролитах и глинах на границе с окисленными породами зеленовато-желтого (табачного) и желтого цвета. Типичный пример — Черепановское месторождение (рис. 4). Рудные тела представляют собой пластообразные линзы, вытянутые вдоль бортов палеодолин на сотни метров и первые километры при ширине от первых десятков до первых сотен метров и мощности до 3 м. Рудные тела залегают в

основном параллельно напластованию пород, но местами секут их слоистость. Содержание U колеблется от 0,01 до 1%. Наиболее высокие его концентрации приурочены к границе сероцветных и желтоцветных пород. При удалении от этого контакта в сторону сероцветных пород содержание постепенно снижается до фоновых значений. Таким образом, оруденение второго типа локализуется на седиментационном восстановительном геохимическом барьере [5] в сероцветных породах, изначально обогащенных органическим веществом растительного происхождения, на границе с эпигенетически окисленными породами.

Основной урановый минерал — коффинит, реже встречаются оксиды урана [12]. Совместно с пиритом они образуют микроконкреции и псевдоморфозы по растительному органическому веществу. Кроме того, широко развиты тонкодисперсные выделения урана, которые фиксируются только на микрорадиографиях и  $f$ -радиографиях в виде единичных треков или их сгустков над фюзенизированными, витронизированными растительными остатками, над выделениями переотложенного гумусового вещества и рядом с тонкозернистыми выделениями пирита (рис. 5). В парагенезисе с урановыми минералами в рудах нередко развит ураноносный кальцит с переменным содержанием урана. Он замещает органическое вещество, глинистый цемент, терригенные зерна кварца и полевых шпатов, образует базальный, пойкилитовый цемент. В кальците часто отмечаются новообразованные кристаллы анальцима, которые уран не содержат. Редко встречаются мелкие выделения халькозина, марказита, ильземанита. В рудах отмечается ряд сопутствующих элементов. Их максимальные концентрации достигают, %: Mo, Cu 0,2–0,5; Pb 0,01–0,03; Sc 0,01; Ag 0,008; Y 0,03. Коррозия кальцитом кварца, полевых шпатов, наличие анальцима свидетельствуют о щелочном, содовом, характере эпигенетических процессов [9].

Установлено, что в сероцветных породах с относительно низким содержанием урана (первый тип оруденения) количество радиогенного Pb-206, как правило, согласуется с содержанием урана и временем существования пород. Поэтому можно предположить, что накопление урана происходило в позднепермское время, по-видимому, почти одновременно с отложением осадков. В породах с высоким содержанием урана (второй тип) отмечается существенный недостаток Pb-206 по отношению к урану, причем чем выше содержание урана, тем больше недостаток. Это указывает на более поздний привнос урана — от 200 до первых десятков миллионов лет назад. Изотопный состав свинца из фракции, обогащенной коффинитом (U 19,75, Pb



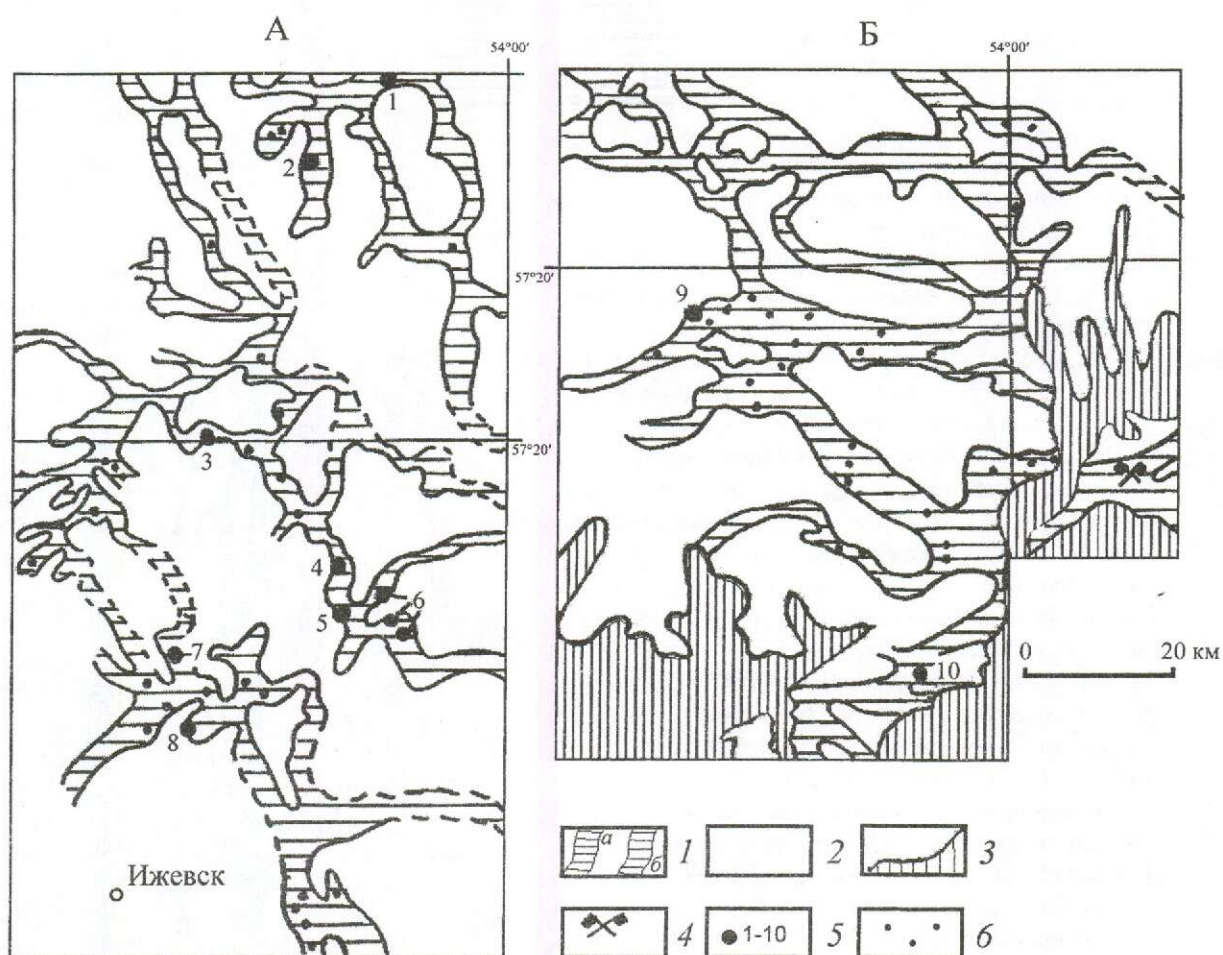


Рис. 3. Схемы развития речных долин в отложениях максимовской (А) и нижнесухонской (Б) подсвит, по А.Б.Халезову:

1 — установленные (а) и предполагаемые (б) отложения речных долин (песчаники сероцветные, желтоцветные вторично окисленные, прослой и линзы конгломератов); 2 — отложения водораздельных пространств (красноцветные плохо сортированные песчаники, алевролиты, глины); 3 — граница распространения отложений нижнесухонской подсвиты; 4 — Черепановское месторождение урана; 5 — рудопроявления (1 — Северо-Дебесское, 2 — Смольниковское, 3 — Кадиловское, 4 — Восточно-Лиственское, 5 — Западно-Лиственское, 6 — Лиственское, 7 — Бегешское, 8 — Вожойское, 9 — Киенгопское, 10 — Ольховское); 6 — радиометрические аномалии

0,06%), позволяет оценить возраст коффинита в несколько десятков миллионов лет и, возможно, моложе, так как в пробу, очевидно, были включены и более древние накопления урана [2]. Урановая минерализация этого типа проявлена также на рудопроявлениях Ольховское, Киенгопское, Вожойское и др. (см. рис. 3).

В иной литолого-фациальной обстановке расположено Виноградовское месторождение. Рудовмещающие породы по условиям образования относятся к отложениям остаточного мелководного озера или залива в переходной прибрежно-озерной зоне (см. рис. 1). Они представлены серыми и темно-серыми алевролитистыми глинами и алевролита-

ми с тонким обугленным растительным детритом и мелкими конкрециями пирита. Общая мощность сероцветной пачки 2–5 м. Отложения, подстилающие и перекрывающие пачку, представлены первично красноцветными глинами и алевролитами с редкими прослоями мергелей. На границе с красноцветными рудовмещающие серые породы часто окислены, желтоцветные гидроксиды железа пятнисто развиваются по трещинам, плоскостям напластования, наиболее проницаемым слоям и включениям пирита. Рудная залежь имеет пластообразную форму. Урановая минерализация представлена оксидами урана. Содержание U в рудном пласте от 0,005 до 0,07%, максимальное приуроче-



но к контакту сероцветных пород с пятнисто-лимонитизированными породами. Из сопутствующих элементов в повышенных количествах постоянно присутствует Мо до 0,02%.

Итак, Верхнекамский ураноносный ОБ относится к древнеплатформенному типу и характеризуется слабой дислоцированностью и незначительной литификацией верхнепермских осадков. Его юго-восточная часть в позднеказанское и татарское время представляла собой область периодического развития аллювиальных эрозионно-аккумулятивных равнин с транзитными реками. Район находился в 100 км и более от Урала — основного источника обломочного материала. Несмотря на аридный климат, сероцветные осадки с растительным органическим веществом в речных долинах получили широкое распространение, особенно в нижнетатарском подъярuse. Эрозионные структуры речных долин являлись дренажными каналами с относительно напряженным гидродинамическим режимом.

Уран наиболее интенсивно накапливался в речных сероцветных осадках. В них сосредоточены практически все проявления урана, что свидетельствует о его местном источнике.

Контрастная геохимическая обстановка, возникающая на контакте первично красноцветных терригенных отложений междуречья и сероцветных с восстановительными свойствами пород речных долин, способствовала син-диагенетическому накоплению урана в последних. Концентрация урана, по-видимому, происходила за счет его переотложения из осадков водораздельных пространств и русловых песчаников с низкими содержаниями или лишенных органического вещества при их быстром окислении на ранних стадиях литификации осадков. Количество урана, вовлекаемого в миграцию и поступающего в палеодолины с окружающих водораздельных пространств, очевидно, прямо зависело от амплитуды вреза палеорусел. Мобилизации урана и его переотложению способствовал щелочной, содовый, характер грунтовых гидрокарбонатно-натриевых вод, характерных для полимиктовых отложений эрозионно-аккумулятивных равнин с аридным климатом [9]. Продуктивность этого процесса выразилась в невысоких концентрациях урана (0,001–0,01%) в сероцветных осадках речных долин практически на всем их протяжении на нескольких стратиграфических уровнях. Максимальное распространение они получили в палеодолинах нижнетатарского подъяруса благодаря сочетанию в данный отрезок времени соответствующих тектонических, палеогеографических условий осадконакопления и, по-видимому, благоприятному составу пород области сноса.

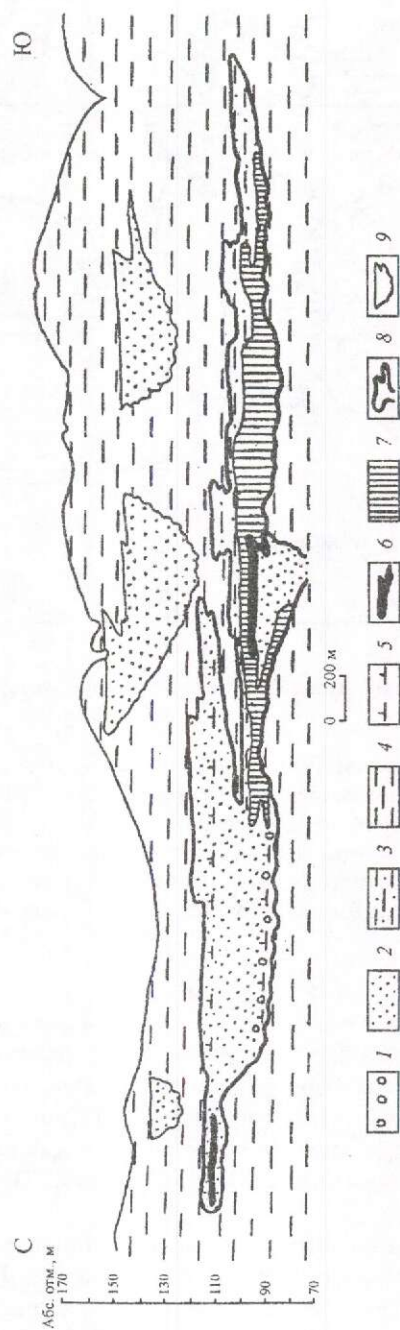


Рис. 4. Геологический разрез Черепановской палеодолины, по А.Б.Халезову:

1 — конгломераты; зеленовато-желтые и желтые вторично окисленные породы; 2 — песчанники; 3 — глинистые песчанники; 4 — глинистые песчанники; алевролиты, глины первично красноцветные; 5 — карбонатизированные песчанники и конгломераты; 6 — рудные тела с содержанием U 0,01–1,0%; 7 — сероцветные песчанники с углефицированными растительными остатками с содержанием U 0,001–0,01%; 8 — контуры Черепановской палеодолины; 9 — контуры одиночных русел



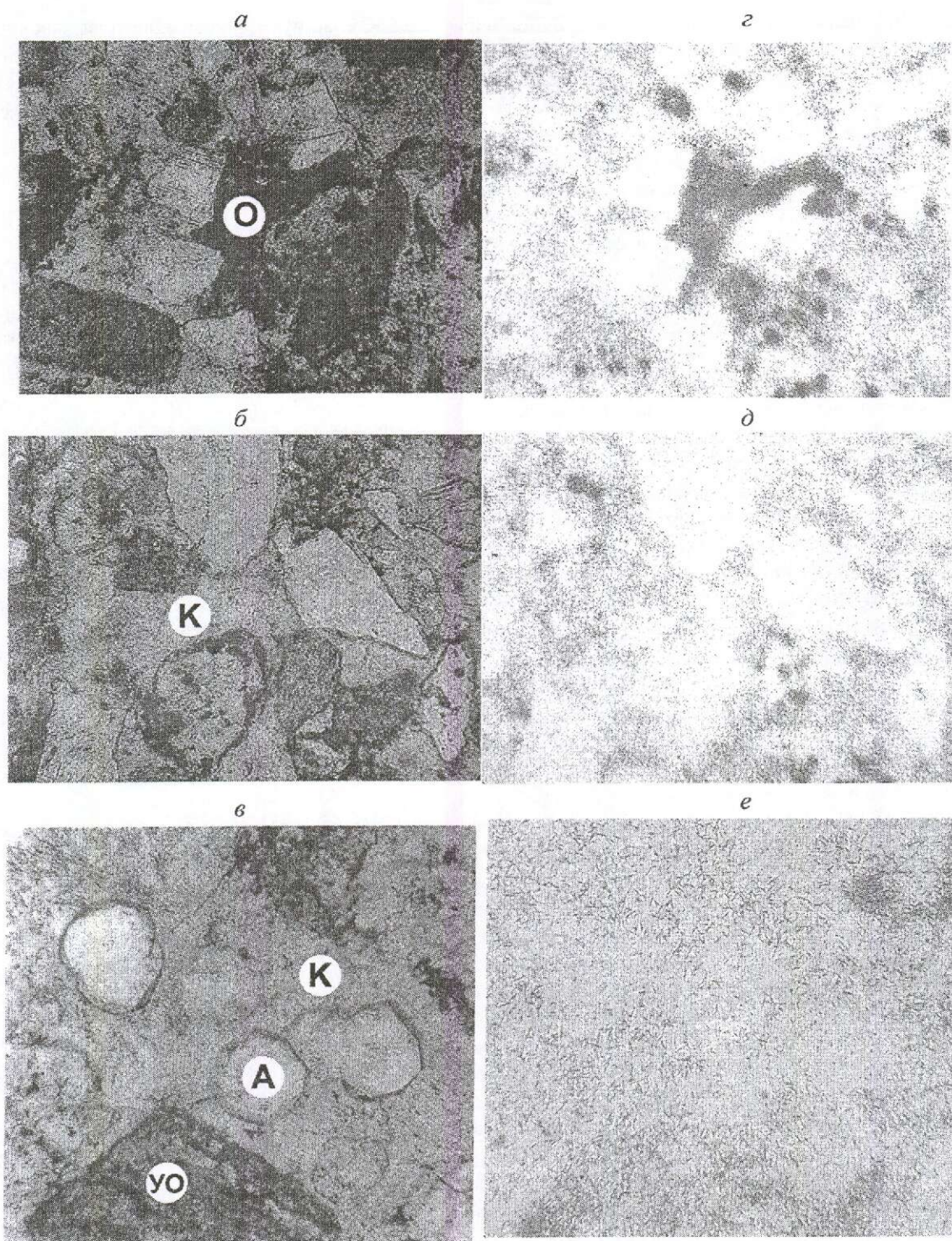


Рис. 5. Микрофотографии (а–в) и *f*-радиографии (z–е) прозрачных шлифов пород Кiénгопского рудопроявления урана, выполнены И.Г.Максимовой, Г.И.Надъярных при участии И.А.Кондратьевой в лаборатории «Геология урана и радиоэкологии» ИГЕМ РАН; *f*-радиографии подготовлены в реакторе МИФИ:

а–в — ув. 60, николи ||, песчаник среднезернистый полимиктовый на кальцитовом вторичном цементе (К) с углефицированными растительными остатками (YO), перетолженным гумусовым веществом (O) и кристаллами новообразованного анальцита (А) в кальците; z–е — ув. 60, наиболее густые скопления треков приурочены к тонким зернам пирита и выделениям гумусового вещества, в меньшей степени к углефицированным растительным остаткам, редкие треки отмечаются над кальцитовым цементом; над кристаллами анальцита треки отсутствуют



Во время трансгрессий речные долины перекрывались существенно глинистыми осадками значительной мощности, что привело к чередованию в геологическом разрезе водоупорных и водоносных горизонтов. В конце татарского века во время регрессивных тектонических фаз погребенные речные долины нижнетатарского подъяруса выводились на поверхность в пределах окружающих сводовых поднятий, которые служили областями питания водоносных горизонтов палеодолин. Разгрузка пластовых вод, очевидно, происходила в водные бассейны Верхнекамской впадины. Следовательно, погребенные речные долины в верхнепермское время при аридном климате были путями транзита подземных пластовых вод, содержащих кислород. В этих условиях вступали в действие инфильтрационные эпигенетические процессы уранового рудообразования. С ними связаны перераспределение син-диагенетических концентраций урана, образование Черепановского месторождения и многих рудопроявлений с более высокими содержаниями металла (0,01–0,1%). Лентообразные, линзовидные, реже роллоидные рудные тела локализованы в области выклинивания зон окисления.

В послепермское время Верхнекамский ОБ вступил в завершающую стадию развития. Главная особенность его эволюции в мезозое–кайнозое — преобладание на юго-востоке бассейна континентального режима и эрозии над аккумуляцией осадков, что обусловило проявление гипергенных процессов и частичное вскрытие ураноносных погребенных речных долин на нескольких стратиграфических уровнях. В частности, оживление тектонической активности на Русской платформе в неогене сказалось на переуглублении местного базиса эрозии — русла р. Кама, главной водной артерии региона, до отметок –70 м. В условиях засушливого климата это привело на многих участках к переотложению урана, омоложению более ранней минерализации и, возможно, к ее некоторому разрушению [2].

Достаточно высокая продуктивность на уран русловых структур в разных регионах [15], широкое развитие благоприятных структурно-фациальных и литолого-геохимических обстановок, а также наличие многочисленных рудных объектов, оценка которых в должной степени не осуществлялась,

свидетельствуют о возможности выявления в Верхнекамском ОБ новых месторождений урана внутрiformационного палеодолинного типа. Наиболее перспективны палеодолины нижнетатарского подъяруса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.В., Игнатъев Н.А., Кобяк Г.Г. Волкон-стоит Прикамья // Ученые записки Пермского государственного университета. Пермь, 1941.
2. Альтгаузен М.Н., Халезов А.Б., Мальшев В.И., Ковалева С.А. Многостадийное образование экзогенных концентраций урана в палеоруслах // Геология рудных месторождений. 1975. № 1. С. 105–108.
3. Грушевой Г.В., Оношко И.С., Наумов С.С. Прогнозная оценка ураноносности чехла Русской платформы // Разведка и охрана недр. 1996. № 3. С. 11–20.
4. Игнатъев В.И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы. Ч. I, II. Казань. 1962–1963.
5. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. – М.: ЗАО «Геоинформарк», 2000.
6. Лаверов Н.П., Смилкстен А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. – М.: Недра, 1983.
7. Литогединамика и минерация осадочных бассейнов / Под ред. А.Д.Щеглова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1998.
8. Месторождения урана в палеодолинах Зауралья и Забайкалья / И.Л.Лучинин, А.В.Коченов, П.А.Пешков и др. // Разведка и охрана недр. 1992. № 5.
9. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов. – М.: Недра, 1968.
10. Фори Н.Н. Стратиграфия и фации казанского яруса Среднего Поволжья. Геология Поволжья. – М.: Гос-топтехиздат, 1951.
11. Халезов А.Б. Анальцимсодержащие осадочные породы Вятско-Камского междуречья // Советская геология. 1970. № 8. С. 136–139.
12. Халезов А.Б., Воронкевич Л.В. Экзогенные концентрации урана в палеоруслах // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 1. С. 122–128.
13. Халезов А.Б. К вопросу об источниках урана в месторождениях и рудопроявлениях пестроцветной толщи верхней перми Западного Приуралья // Мат-лы по геологии урановых месторождений. М., 1975. Вып. 40. С. 4–50.
14. Халезов А.Б. Ураноносность Верхнекамской впадины Русской платформы // Руды и металлы. 1997. № 5. С. 5–11.
15. Халезов А.Б. Прогнозирование, поиски и оценка урановых месторождений в палеоруслах. – М.: ВИМС, 1999.



УДК 553.411 (574)

© А.В.Третьяков, 2005

## О РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ДРЕВНИХ ДОЛИН ЗАПАДНО-КАЛБИНСКОГО РАЙОНА ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

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

*Произведена классификация древних долин по условиям их развития на неотектоническом этапе, показано зональное распространение разнотипных долин и вмещаемых ими россыпей. Наиболее значительные перспективы россыпной золотоносности установлены для переходной геоморфологической зоны.*

По данным В.П.Полеванова [6], за исторический период из россыпей добыто около 17 960–21 018 т золота, что составляет 36,4–42,4% мировой добычи. В России, по данным Б.И.Беневольского и др. [2], из россыпей добывается до 70% Au. Анализ распределения добычи золота по типам месторождений за 1998 г. [3] показывает, что в мире из россыпей добыто около 10% (250 т) Au, в Казахстане же — лишь 1,4% от ее общего объема.

Наряду с традиционно негативным отношением в Казахстане к россыпям как к объектам второстепенным, неблагоприятным объективным фактором, сдерживающим их освоение, является незначительная сырьевая база россыпного золота. Запасы золота промышленных категорий (A+B+C<sub>1</sub>), учтенные Государственным балансом по состоянию на 1998 г. [3], в разнотипных объектах распределены следующим образом: в собственно золоторудных месторождениях — около 62,5%, в комплексных — 37,5%, в россыпных — 0,5%. За прошедший период времени это соотношение практически не изменилось. Большая часть учтенных балансом россыпей относится к мелким объектам, единицы — к средним. Таким образом, актуальность расширения сырьевой базы россыпей золота Казахстана не вызывает сомнений.

Один из наиболее перспективных на россыпи золота Западно-Калбинский район [7] расположен в центральной части Зайсанской складчатой системы. Коренные источники для россыпей — месторождения кварцево-жильного и прожилково-вкрапленного типов — локализованы здесь в полосе шириной от 10–12 до 60–70 км. Имеющиеся данные (Г.К.Зубов и др., 1971; А.Ф.Коробейников и др. [5]; Г.Н.Щерба и др. [9]) о глубинах формирования золото-кварцевых руд от палеоповерхности и величине денудационного среза за пострудный период позволяют предполагать эродированность золото-кварцевых объектов до нижнерудного-подрудного уровней.

Анализ материалов предшествующих исследователей (Г.К.Зубов и др., 1971 и др.) и результаты собственных наблюдений [1, 7, 8] позволили автору классифицировать россыпи района по возрастным и геолого-генетическим типам. Исследования по оценке их запасов и прогнозных ресурсов дали возможность установить относительную распространенность и продуктивность россыпей.

Наиболее продуктивны третичные (неогеновые) россыпи, незначительное количество которых (13,24%) вмещает 90,01% всех запасов и прогнозных ресурсов района. Менее продуктивны широко распространенные (86,69%) четвертичные, в том числе техногенные, россыпи, в которых локализовано 9,87% золотороссыпного потенциала района. Четвертичные россыпи хорошо изучены и в значительной степени отработаны. Погребенные неогеновые россыпи, локализованные в разнотипных древних долинах, нуждаются в доизучении. На существование таких россыпей в Калбинском нагорье впервые указала Е.М.Великовская (1946).

Автором ранее с учетом новых данных геолого-разведочных работ описаны древние долины бассейна р. Былкылдак [1], в данной статье — древние долины юго-восточного фланга Западно-Калбинского района, характеризующегося широким развитием россыпей золота. На основе этих материалов выполнена классификация древних долин района (табл. 1).

По взаимоотношению с современной гидросетью древние долины подразделяются на три типа: развивающиеся унаследованно и используемые современными водотоками на всем их протяжении; приподнятые отмершие, часто пересекаемые более молодыми эрозионными врезами с действующими водотоками; погребенные отмершие в межгорных и грабенообразных впадинах.

Унаследованный режим развития характерен для древних долин всех крупных рек района.



Отмершая приподнятая палеогидросеть развита на правом борту бассейна р. Былкылдак, в верховьях р. Большой Чегелек (в междуречье Малая Буконь – Агыныкатты). К этому же типу относится долина р. Ержанка. Такие палеодолины лишь на отдельных непротяженных участках наследуются водотоками, обычно принадлежащими бассейну более молодых, часто новообразованных долин (рисунок). Анализ геолого-геоморфологических данных и результаты маршрутных поисковых работ свидетельствуют о том, что некоторые долины этого типа перспективны на выявление раннеплиоценовых погребенных россыпей золота.

Отмершая погребенная палеогидросеть развита фрагментарно в пределах межгорных и грабенообразных впадин. В Нижне-Чарской межгорной впадине (в левом борту долин рек Чар и Агыныкатты) бурением вскрыта погребенная древняя миоцен-раннеплиоценовая палеодолина протяженностью не менее 15 км. Комплексный анализ геолого-геоморфологических материалов позволяет прогнозировать выявление в ее пределах крупнообъемной россыпи с преобладанием мелкого и тонкого золота. На территории Жолдыбайского грабена на основе анализа данных параметрического бурения выделены погребенные палеодолины протяженностью 5,5–8,5 км. Они ориентированы ортогонально к простиранию грабена. Поисково-оценочными работами в них выявлены погребенные россыпи, локализованные в миоценовых и нижнеплиоценовых отложениях.

Преобладающая часть древних долин р. Калба расположена в пределах блоков, развивающихся в однонаправленном восходящем неотектоническом режиме различной интенсивности. Эти долины вмещают большую часть известных и прогнозируемых россыпей золота. Однако, как показывают результаты детальных работ, верховья отдельных палеодолин, располагающиеся в зоне активного неотектонического влияния Западно-Калбинского разлома, развивались в инверсионном режиме. Они представляли собой область транзита обломочного золотоносного материала в позднемиоценовое – раннеплиоценовое время и область аккумуляции озерных гипсоносных отложений в позднеплиоценовое время. Несмотря на благоприятные металлогенетические предпосылки, эти долины не золотоносны.

Динамический режим древних долин унаследованного развития оказывает наибольшее влияние на характер их россыпной золотоносности.

В перстративном (равновесном) динамическом режиме, характеризующемся незначительной боковой эрозией на протяжении четвертичного времени, развивались палеодолины бассейнов рек Жанама, Былкылдак (за исключением субмеридиональ-

1. Типы древних долин Западно-Калбинского района

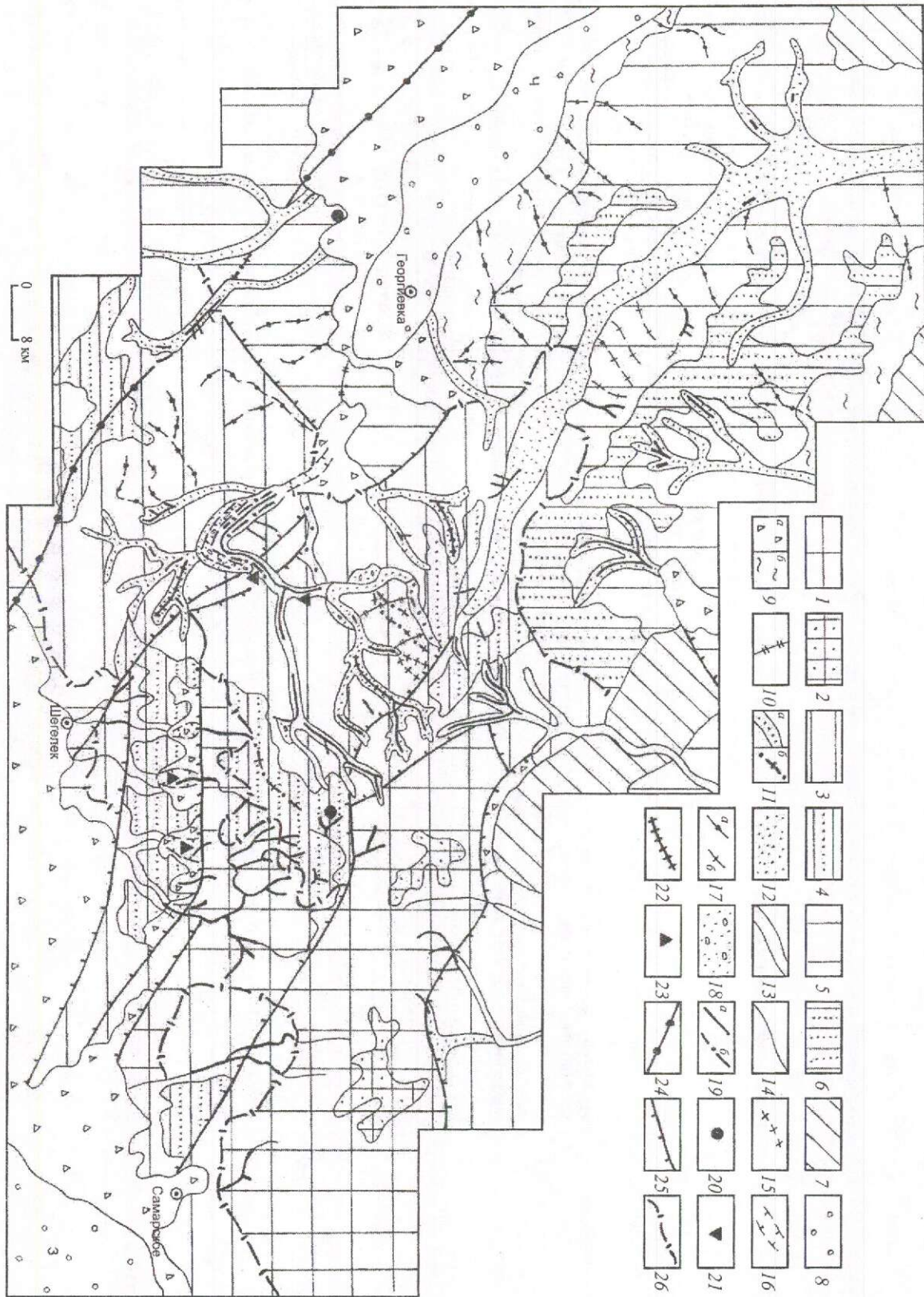
Классификационные признаки	Типы древних долин		Отмершие погребенные
	Развивающиеся унаследованно	Иверсионный	
Взаимоотношение с современной гидросетью	Восходящий		Отмершие приподнятые
Направленность неотектонических движений	Перстративный	Инстративный	
Режим динамического развития на протяжении четвертичного времени	С «откопаным» дном	С «откопаным» дном	Выполненные неогеновыми отложениями
Сохранность неогеновых отложений в днах долин	Умеренный	Интенсивный	С «откопаным» дном
Интенсивность режима динамического развития			



## 2. Распределение разнотипных древних долин и россыпей золота в геоморфологических областях Западно-Калбинского района

Геоморфологическая область	Преобладающие типы экзогенно-эндогенного рельефа, абсолютные высоты РПВ, относительные превышения	Типы палеодолин	Характерные геолого-генетические типы россыпей
Интенсивных новейших поднятий	Эрозионно-тектонический интенсивно расчлененный крутосклонный, 1000–1560 м, 500–600 м	Унаследованного развития при интенсиивном инстративном режиме	1. Четвертичные русловые 2. Четвертичные ложковые
Переходная	Эрозионно-тектонический интенсивно расчлененный крутосклонный (превышения до 300 м); эрозионно-тектонический расчлененный мелкогрядистый крутосклонный (превышения до 150 м); денудационно-тектонический пологосклонный (превышения не более 100 м); фрагменты РПВ — 600–1225 м	1. Отмершие приподнятые 2. Отмершие погребенные в межгорных и грабенобразных впадинах 3. Унаследованного развития: а) развивающиеся в перстративном режиме; выполненные неогеновыми отложениями с «откопанным» днищем; б) развивающиеся в инстративном режиме: умеренном; интенсивном; в) лога древней гидросети	1. Погребенные во впадинах 2. Крупнообъемные с МГЗ 3. Погребенные в палеодолинах, в том числе отмерших 4. Погребенные в древних логах 5. Ложковые в древних логах с «откопанным» днищем 6. Четвертичные русловые 7. Четвертичные ложковые 8. Четвертичные террасовые 9. Террасообразные 10. Элювиально-делювиально-пролювиальные на фрагментах РПВ и пологих склонах
Слабых и умеренных новейших поднятий	Денудационно-тектонический пологосклонный (превышения не более 80 м); мелкопочник; фрагменты РПВ — 500–600, до 800 м	Долины и лога унаследованного развития, развивающиеся в перстративном режиме; выполненные неогеновыми отложениями с «откопанным» днищем	1. Погребенные в древних долинах 2. Погребенные в древних логах 3. Ложковые в древних логах с «откопанным» днищем 4. Четвертичные русловые 5. Элювиально-делювиально-пролювиальные на фрагментах РПВ и пологих склонах







ного отрезка ниже пос. Былкылдак), Кызыл-Су, Балажал, верховья рек Чар, Даубай, Ашалы, Боко, Жинишке, Тамды. Долины этого типа широкие, их днища плоские, русловой врез обычно незначительный, террасы или отсутствуют, или их высота не превышает 2 м.

По сохранности неогеновых отложений среди долин, развивающихся в перстративном режиме, выделяются два типа: древние долины с «откопанным» днищем, сложенным преимущественно палеозойскими породами, и древние долины с сохранившимися неогеновыми отложениями.

В древних долинах с «откопанным» днищем неогеновые отложения преимущественно уничтожены эрозией. Фрагментарно они сохранились в локальных депрессиях. В некоторых палеодолинах этого типа на «откопанном» днище отмечены многочисленные валуны кварца и гранитоидов, являющиеся реликтами древнего аллювия. В пределах таких долин развиты русловые, террасовые и террасоложковые россыпи четвертичного возраста, сформированные за счет переотложения золота из размытого древнего аллювия.

Древние долины с сохранившимися неогеновыми отложениями выполнены толщей красноцветных глин павлодарской свиты плиоцена, в основании которой на многих участках залегают нижнеплиоценовые аллювиальные галечники, вмещающие погребенные россыпи золота значительных масштабов. На отдельных отрезках этих долин развиты расположенные друг над другом россыпи двух типов: погребенные в основании разреза плиоценовых отложений на глубине до 8–12 м и четвертичные, залегающие на ложном плотике из неогеновых глин на глубине до 2–3 м.

Инстративный режим развития речных долин, характеризующийся преобладанием донной эрозии и врезания русла, в зависимости от амплитуды неотектонических движений, носил умеренный или интенсивный характер.

В умеренном инстративном режиме на протяжении четвертичного периода развивались долины рек Агыныкатты, Чар (на ее нижнем отрезке), Себинка, Шибнды, Жельдайрык; в интенсивном инстративном режиме выше их горного устья в пределах нагорья — участки долин рек Большая Буконь, Малая Буконь, Большой Чегелек, а также долины рек Жумба, Кулуджун, Лайлы, Таргын и др.

Долины рек, сформированные в умеренном инстративном режиме, преимущественно террасированы. Современное русло часто врезано в поверхность более древних днищ на глубину до 20–30 м с образованием цокольных террас, сохранность, количество и параметры которых по простиранию долин различны. В их пределах развиты четвертичные русловые и террасовые россыпи, сформированные преимущественно за счет размыва более древнего золотоносного аллювия.

Долины рек, развивающиеся в интенсивном инстративном режиме, ущельеобразные с крутыми, часто обрывистыми склонами. Днища их узкие, террасы отсутствуют, аллювий характеризуется высокой валунистостью. В долинах этого типа развиты четвертичные русловые и террасовые россыпи.

Распространение в районе палеодолин описанных типов подчинено геоморфологической зональности. Выделяются три геоморфологических области их развития (табл. 2; см. рисунок).

Область интенсивных новейших поднятий с крутосклонным интенсивно расчлененным эрози-

#### Геоморфологическая зональность и распределение разнотипных речных долин и россыпей золота юго-восточного фланга Западно-Калбинского района:

*геоморфологические области:* 1 — область интенсивных неотектонических поднятий; 2 — фрагменты РПВ в ее пределах; 3 — переходная область; 4 — фрагменты РПВ в ее пределах; 5 — область слабоинтенсивных неотектонических поднятий; 6 — фрагменты РПВ в ее пределах; 7 — области эрозионно-тектонического интенсивно расчлененного рельефа на гранитоидах калбинского комплекса; *области аккумулятивного рельефа:* 8 — впадины длительного развития (3 — Зайсанская, 4 — Чарская); 9 — поверхности, сложенные четвертичными аллювиально-пролювиальными (а) и озерными отложениями павлодарской свиты (б); *речные долины:* 10 — четвертичные новообразованные; 11 — древние отмершие приподнятые, значительных (а), незначительных (б) масштабов; 12 — древние унаследованного развития, развивающиеся в перстративном режиме; 13 — древние унаследованного развития, развивающиеся в умеренном инстративном режиме; 14 — древние унаследованного развития, развивающиеся в интенсивном инстративном режиме; 15 — древние, развивающиеся в инверсионном режиме; 16 — древние отмершие погребенные; 17 — лога древней гидросети, развивающиеся в перстративном режиме, выполненные неогеновыми отложениями (а), с «откопанным» днищем (б); 18 — поверхности цокольных и аккумулятивных террас раннеплиоценового возраста, сложенные «сарыбуласкими» галечниками; *россыпи золота:* 19 — четвертичные русловые и ложковые (а), террасовые (б); 20 — элювиально-делювиально-пролювиальные; 21 — остаточные на высоких цокольных террасах; 22 — погребенные в древних долинах унаследованного развития (совмещенные в единой долине с четвертичными русловыми россыпями); 23 — погребенные во впадинах; *разломы:* 24 — Байгузин-Булаский, граничный глубинный; 25 — неотектонические сбросы; 26 — нетектонические границы геоморфологических областей



онно-тектоническим рельефом располагается на восточном фланге района и охватывает осевую часть Калбинского нагорья. Фрагменты региональной поверхности выравнивания (РПВ) размещаются здесь на абсолютных высотах от 1200 до 1560 м. Они в значительной степени преобразованы в результате эрозионной деятельности. Речные долины развиваются в интенсивном инстративном режиме. Днища их узкие, глубина эрозионного вреза достигает 500 м.

Область слабых и умеренных новейших поднятий, характеризующаяся развитием мелкосопочника и пологосклонного денудационно-тектонического рельефа, находится на западном и юго-восточном флангах района. На западном фланге она охватывает левобережье рек Тамды и Жинишке, междуречье рек Чар и Кызылсу, а также бассейны рек Канайка и Уланка. Фрагменты РПВ здесь располагаются на абсолютных высотах 500–600 м, иногда до 800 м. Они слабо расчленены эрозией, на отдельных участках перекрыты кайнозойскими отложениями. В Киинсу-Тройницком прогибе (на северо-западном фланге участка) на фрагментах РПВ развиты линейные и площадные коры выветривания [4], что позволяет рассматривать его как реликт исходного пенеппена. В пределах этой области древняя гидросеть развивалась в перстративном режиме, в бассейнах рек Чар и Кызылсу широко развиты лога древнего заложения. На юго-восточном фланге района описываемая область охватывает аккумулятивную поверхность обрамления Зайсанской впадины и прилегающие к ней участки мелкосопочника.

Переходная геоморфологическая область, занимающая наиболее значительную площадь в центральной части района, характеризуется сочетанием эрозионно-тектонического и денудационно-тектонического рельефа с аккумулятивным рельефом внутригорных впадин. Фрагменты РПВ здесь приурочены преимущественно к абсолютным высотам от 600 до 1000 м и лишь на отдельных участках достигают высоты 1225 м. Они в различной степени расчленены эрозионными процессами. Эта геоморфологическая область характеризуется развитием палеодолин разнообразных типов (отмершие приподнятые и погребенные в межгорных и грабенообразных впадинах, унаследованного развития, развивающиеся в перстративном и умеренном инстративном режимах), межгорных и грабенообразных впадин.

Описанная геоморфологическая зональность района обусловила закономерности размещения разнотипных древних долин и, как следствие, — закономерности размещения разнотипных россыпей в геоморфологических областях (см. табл. 2). Как

видим, наибольшим разнообразием и в связи с этим перспективами россыпной золотоносности характеризуется переходная область, к которой тяготеют все известные и прогнозируемые россыпи крупного масштаба. Гораздо менее значителен спектр геолого-генетических типов россыпей в области слабых и умеренных новейших поднятий. И, наконец, наименьшее их разнообразие отмечается в области интенсивных новейших поднятий.

Итак, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

Условия развития древних долин Западно-Калбинского района на неотектоническом этапе определяют особенности и масштаб их россыпной золотоносности.

Распределение древних долин разных типов подчинено геоморфологической зональности, обусловленной интенсивностью неотектонических поднятий.

Наиболее перспективна россыпная золотоносность переходной зоны, что связано с развитием в ее пределах разнообразных типов палеодолин (отмершие приподнятые и погребенные в межгорных и грабенообразных впадинах, унаследованного развития, развивающиеся в перстративном и умеренном инстративном режимах), межгорных и грабенообразных впадин, вмещающих россыпи наиболее продуктивных геолого-генетических типов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бегалинов А.Б., Третьяков А.В.* Россыпная золотоносность древних долин центральной части Юго-Западной Калбы // Геология Казахстана. 1999. № 4. С. 27–33.
2. *Беневольский Б.И., Наточинский В.П.* Экспрессная геолого-экономическая переоценка сырьевой базы россыпного золота России // Руды и металлы. 1995. № 5. С. 18–25.
3. *Геологические инновации: методы, технология, практика.* — Алматы, 2001.
4. *Ерофеев В.С.* Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене. Алма-Ата: Наука, 1969.
5. *Коробейников А.Ф., Масленников В.В.* Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов Северо-Восточного Казахстана. — Томск, 1994.
6. *Полеванов В.П.* Крупные золотороссыпные провинции и их роль в мировой золотодобыче. — М., 1990.
7. *Третьяков А. В.* Россыпная золотоносность востока Казахстана. — Алматы, 2004.
8. *Третьяков А.В.* Геолого-генетические типы россыпей золота Западно-Калбинского района (Восточный Казахстан) // Геология и охрана недр. 2004. № 4. С. 31–37.
9. *Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П.* Металлогения Рудного Алтая и Калбы. — Алма-Ата: Наука, 1984.



# МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 550.812.1:553.411 (575.1)

© М.У.Исоков, 2005

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ЗОЛОТО В УЗБЕКИСТАНЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ РАЗВИТИЯ

**М.У.Исоков (Институт минеральных ресурсов Госкомгеологии Республики  
Узбекистан)**

*Охарактеризована существующая методологическая база геологоразведочных работ на золото в Узбекистане. Обсуждаются пути ее совершенствования в современных условиях рыночной экономики.*

Укрепление и расширение минерально-сырьевой базы горнодобывающей промышленности Республики Узбекистан во многом зависит от интенсивности и качества поисков и разведки полезных ископаемых. Экономическая мощь страны в значительной степени определяется состоянием запасов ведущих видов минеральных ресурсов. Республика обладает достаточно большими запасами многих видов полезных ископаемых (золото, серебро, уран, медь, свинец, цинк и др.), однако стабильно высокие темпы их добычи и быстро меняющиеся условия на мировом рынке требуют дальнейшего усиления минерально-сырьевой базы в основном за счет экономически выгодных запасов [8].

С начала 60-х и до 90-х годов прошлого столетия основные объемы геологоразведочных работ были сконцентрированы в пределах известных на сегодняшний день рудных районов, узлов и полей, перспективных в основном на эндогенное золотое оруденение. В Центральных Кызылкумах обнаружены и детально изучены Мурунтауское, Кокпатаское, Даугызтауское, Амантайтауское и другие рудные поля и месторождения с крупными запасами золотосодержащих руд. В Нурагинском регионе разведаны средние по масштабам месторождения золота — Чармитан, Марджанбулак, Сармич, Биран и др. В пределах Чаткало-Кураминского региона опоискованы и разведаны золоторудные месторождения Кочбулак, Кызылалма, Гузаксай, Пирмираб, Каульды и др.

По морфологическим особенностям, условиям залегания и внутреннему строению рудных тел, а также характеру распределения золота выделяются следующие типы эндогенных золоторудных месторождений: штокверки и жилы в углеродистых и терригенных породах (Мурунтау, Мютенбай); жилы, системы сближенных жил крутого падения в граносиенитах, ороговикованных сланцах, алевролитах (Чармитан, Гужумсай); жилы, залежи и минерализованные зоны в интрузивах или в вулканогенных породах (Пирмираб, Гузаксай, Актурпак, Каульды, Кочбулак, Кызылалма); трубчатые тела в вулканогенных породах (некоторые рудные тела Кочбулака); минерализованные и колчеданные тела в углеродистых терригенных породах (Амантайтау); жилы и минерализованные зоны в углеродистых терригенных и других породах (Сармич, Биран); золото-сульфидные минерализованные зоны в углеродистых вулканогенно-терригенных и терригенных породах (Кокпатас, Даугызтау); золото-серебряные пологопадающие плито- и линзообразные тела в углеродисто-сланцевой толще (Косманачи).

Разведанные и оцененные запасы некоторых из этих объектов до сегодняшнего дня служат основным источником минерального сырья крупных горнодобывающих предприятий республики — Навоинского и Алмалыкского ГМК.

За последние 10–15 лет в результате не только сохранения, но и наращивания темпов геологоразведочных работ найдены и подготовлены к освое-



нию новые объекты золота и вольфрама в пределах известных рудных полей и новых перспективных площадей — Аджибугут, Саутбай, Булуткан, Турбай, Балпантау, Тамдыбулак и др. [5].

Геологической службой проведены значительные объемы поисково-оценочных и разведочных работ в пределах Южного Букантау, Ауминзатау, Северного Тамдытау, Северного Нуратау и др. Возобновлены интенсивные поисково-оценочные работы в горах Султан-Увайс в Западном Узбекистане, в ходе которых оценены перспективные на золото участки в пределах Урусайской и Джамансайской площадей.

Для выявления благоприятных геологических критериев (предпосылок и признаков) прогноза и поисков, обнаружения, оценки и разведки месторождений необходима надежная геологическая основа (геологические и другие карты, планы, разрезы и т.п.). Эта основа обеспечивает объективное представление о геологическом строении исследуемых территорий, природе, закономерностях формирования и размещения провинций, районов, узлов, полей и месторождений полезных ископаемых, структуре и особенностях их строения. Узбекистан относится к числу государств, территория которых изучена с высокой степенью детальности. В настоящее время геологическая служба республики располагает геологическими картами мелкого и среднего масштабов (1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000). По многим площадям, перспективным на золото, серебро, вольфрам, медь, редкие и радиоактивные элементы, полиметаллические и железосодержащие руды, выполнены большие объемы работ по крупномасштабному картированию (1:10 000, 1:5000, 1:2000).

К настоящему времени геологическая служба Узбекистана прочно заняла достойное место в экономике страны как индустриально развитая отрасль, оснащенная мощной горно-буровой техникой, разнообразной геолого-минералогической, геофизической и геохимической аппаратурой, транспортными средствами, неплохим лабораторным оборудованием и компьютерной техникой. Все большее внимание уделяется не только практическим, но и теоретическим вопросам общей эволюции земной коры, расшифровке условий формирования и размещения нетрадиционных типов золотого и другого оруденения, выявлению новых площадей, перспективных на обнаружение традиционных и импортзамещающих видов полезных ископаемых.

Изучение недр в Узбекистане ведется на основе комплексного исследования территории, при этом

основной акцент делается на поиск и разведку месторождений, запасы которых по количественным и качественным показателям отвечают требованиям конъюнктуры мирового рынка.

С 23 сентября 1994 г. в Узбекистане действует закон «О недрах», регулирующий отношения, возникающие при владении, пользовании и распоряжении недрами. 13 декабря 2002 г. в связи с накопленным опытом и особенностями развития страны в условиях рыночной экономики была принята новая редакция данного закона [2]. Основные его задачи — обеспечение рационального, комплексного использования недр для удовлетворения потребностей в минеральном сырье и других нужд, охраны недр, окружающей среды, безопасности ведения работ при пользовании недрами, а также охрана прав пользователей недр, защита интересов личности, общества и государства.

Следует отметить, что в отличие от старого варианта в новой редакции учтены позитивные достижения многих развитых стран мира в области недропользования. Либеральный характер данного закона подтверждается тем, что наряду с государством необходимыми правами и полномочиями наделены и другие заинтересованные лица, как физические, так и юридические, вне зависимости от форм собственности. Особое внимание в законе уделяется созданию благоприятных условий для полноправного привлечения инвестиций зарубежных компаний. Таким образом, в Узбекистане создается благоприятная рыночная атмосфера и необходимые условия для дальнейшего расширения минерально-сырьевой базы, наращивания темпов геологоразведочных работ по выявлению новых месторождений с экономически выгодными запасами, внедрения более эффективных методов исследования недр.

Углубленное изучение закономерных связей полезных ископаемых с определенными геологическими структурами, элементами тектоники, формациями пород, процессами в земной коре и эпохами является основной задачей прикладной геологии и всей геологической службы страны.

Исходя из высокой степени опосредованности территории республики, можно предположить, что обнаружение новых крупных месторождений в пределах эродированной части палеозойского фундамента известных горнорудных районов маловероятно. Основным объектом изучения в контурах площадей действующих карьеров и рудников могут быть глубокие горизонты и фланги известных месторождений. При этом нельзя не обратить внима-



ние на то, что существенная часть территории под толщами мезозойско-кайнозойских образований и сам мезозойско-кайнозойский чехол слабо изучены в отношении рудной минерализации. Учитывая в связи с этим резко возрастающие объемы капитальных вложений на геологоразведочные работы в более сложных горно-геологических, инженерно-гидрогеологических и географо-экономических условиях, необходимо выявлять и разведывать крупные объекты, отвечающие более жестким экономическим требованиям. Практически это означает, что чем больше масштаб и экономическая ценность месторождения, тем полнее и детальнее должен быть комплекс проводимых по ним геологоразведочных работ. С уменьшением масштаба, усложнением условий залегания и, следовательно, горно-геологических и других особенностей строения месторождений экономически целесообразно ограничить детальность геологоразведочных работ.

Решению таких актуальных задач должно способствовать широкое развитие крупномасштабного геологического (структурного) картирования в сочетании с изучением глубинного строения земной коры с помощью дистанционных (качественное дешифрирование высокоточных цифровых аэрокосмических снимков), геофизических, геохимических, математических и других новейших методов прогнозирования. Полученные при этом данные должны обеспечивать своевременную и надежную отбраковку малоперспективных территорий и концентрацию детальных исследований на локальных потенциально рудоносных площадях. Последнее зависит от степени эффективности применяемых методов и существенного повышения достоверности количественной информации о свойствах полезных ископаемых.

В связи с задачей повышения эффективности геологоразведочных работ первостепенное значение приобрела проблема дальнейшего совершенствования методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В качестве основных направлений можно наметить следующие:

совершенствование методологических основ поисков и разведки полезных ископаемых;

оптимизация и рациональное комплексирование методов, применяющихся при поисках, разведке и геолого-экономической оценке месторождений золотосодержащих руд;

повышение эффективности существующих и разработка новых методов разведки золоторудных месторождений.

Максимальная эффективность геологоразведочных работ достигается при соблюдении опреде-

ленной последовательности их проведения [1, 7]. Последовательность регулируется принятыми в геологической отрасли нормативными документами (методические указания и инструкции). Технический прогресс и развитие технологий геологоразведочных работ обуславливают совершенствование методологических основ поисков и разведки полезных ископаемых, регламентируемых обновляемыми в условиях переходного периода к рыночным отношениям нормативными актами. В свете этого необходимо уделять большое внимание своевременной доработке существующих методических указаний по стадиям геологоразведочных работ, инструкций по применению классификации запасов различных видов полезных ископаемых, методических положений ГКЗ [6]. Исходя из этого основными задачами являются:

модернизация с учетом достижений мировой практики нормативных актов, регламентирующих условия проведения ГРР;

разработка научно-практических рекомендаций по повышению эффективности разведки и отработки конкретных месторождений золота и других полезных ископаемых;

совершенствование способов подсчета запасов и методов геолого-экономической оценки перспективных объектов путем рационального применения существующих и широкого внедрения новых технологий, основанных на использовании компьютерной техники и программного обеспечения передовых компаний (Datamine, Gemcom, Micromine, ЗАО «Интегра» и др.).

Остается проблематичным получение высокодостоверной информации с применением существующих методик при изучении, разведке и эксплуатации золоторудных месторождений со сложным геологическим строением [3]. Специфические структурно-морфологические условия размещения, высокая пространственная изменчивость параметров золотого оруденения и их крайне неравномерное распределение (3-я и 4-я группа сложности) требуют новых приемов оценки. В условиях Узбекистана к ним относятся:

совершенствование частных методик по изучению структурно-морфологических условий локализации промышленного золотого оруденения;

систематический контроль основных методов и систем разведки с применением экспериментальных исследований по выявлению систематических и частных погрешностей и их эмпирических зависимостей от различных факторов;

широкое применение аппарата математической статистики и его совмещение с собственно геологическими приемами;



систематический учет при эксплуатации объектов особенностей внутреннего строения рудных тел с целью уточнения данных разведки и тем самым снижения риска возникновения существенных погрешностей в представлениях о строении рудных тел и параметрах оруденения;

соблюдение требований о равномерности эксплуатационных выработок в эксплуатационных блоках для сохранения средних показателей запасов в пространстве и экономической рентабельности их отработки;

научно обоснованная унификация методов оценки достоверности разведки и средних значений геологоразведочных параметров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахмедов Н.А., Исаходжаев Б.А., Зималина В.Я.* Требования к стадийности геологоразведочных работ в Республике Узбекистан // Руды и металлы. 2002. № 4. С. 27–30.
2. *Закон Республики Узбекистан «О недрах»* (новая редакция). – Народное слово и Халк сўзи. Ташкент, 2003, 23 января.
3. *Зималина В.Я.* Достоверность разведки ртутных месторождений Средней Азии с неравномерным распределением оруденения. – Ташкент: ФАН, 1992.
4. *Исоков М.У., Исанова Г.Р., Зималина В.Я.* Подтверждаемость запасов на золоторудных месторождениях Республики Узбекистан // Руды и металлы. 2002. № 4. С. 31–40.
5. *Исоков М.У.* Методика оценочных работ на золоторудном месторождении Балпантау, Центральные Кызылкумы // Руды и металлы. 2003. № 5–6. С. 45–52.
6. *Инструкция по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям.* – Ташкент: Госкомгеологии РУз, 2000.
7. *Каждан А.Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984.
8. *Рудные месторождения Узбекистана / Н.А.Ахмедов, И.М.Голованов и др.* – Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001.



# СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.321.1/331.1:553.43:553.065 (571.15)

© А.И.Гусев, Б.Г.Семенцов, 2005

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МАГМАТИЗМУ И ОРУДЕНЕНИЮ КАЛГУТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ГОРНЫЙ АЛТАЙ

А.И.Гусев, Б.Г.Семенцов (ОАО «Горно-Алтайская экспедиция»)

*Получены новые данные по магматизму и типам руд Калгутинского месторождения. Ранее считалось, что руды месторождения представлены исключительно грейзеновым кварц-вольфрамитовым типом. Поисковые данные показали, что рудные образования месторождения включают медно-молибден-порфировое и грейзеновое кварц-вольфрамитовое оруденение. С порфировыми рудами месторождения связаны значительные перспективы.*

Калгутинское медно-молибден-вольфрамово-рудное поле контролируется (рис. 1) одноименным массивом раннеюрских гранитоидов гранит-лейкогранитового чиндагатуйского комплекса. В серийной легенде к составу указанного комплекса отнесены разнородные и полихронные магматические образования: порфировидные биотитовые, двуслюдяные гранит-порфиры и более поздние редкометальные двуслюдяные и мусковитовые гранитоиды щелочного ряда. Такое разделение гранитоидов Калгутинского массива на два типа предложено Н.Н.Амшинским и др. [2]. Включение в состав чиндагатуйского комплекса порфировых образований Калгутинского массива не корректно. Двуслюдяные и мусковитовые граниты в Калгутинском массиве образуют мелкие тела с явными интрузивными контактами среди порфировидных биотитовых гранитов. В последних в сравнении с двуслюдяными и мусковитовыми гранитами повышены содержания минералов железа, циркона, апатита. В то же время в них меньше флюорита и почти отсутствуют гранат и турмалин. С биотитовыми порфировидными гранитами, микрогранит-порфирами и гранит-порфирами связано медно-молибден-порфировое оруденение, а с дайками эльванов и онгонитов — кварцево-грейзеновое вольфрам-молибденовое. На основании данных уран-свинцового датирования по цирконам возраст наиболее ранних порфировых образований составляет 215–210 млн. лет, а ультраредкометальных даек эльванов и онгонитов — 205–190 млн. лет [4]. В ре-

зультате функционирования полихронной рудно-магматической системы сформировалось уникальное полихронное месторождение, в различных участках которого присутствуют руды разновозрастных этапов. С момента открытия (1937 г.) вольфрам-молибденовых руд месторождения основное внимание при поисках и разведке обращалось на жильный и грейзеновый типы оруденения. Не менее объемный медно-молибден-порфировый тип руд и возможное телескопирование на них жильных кварц-вольфрамитовых и кварцево-грейзеновых с образованием комплексных руд не получили должного внимания.

Для гранитоидов порфирового и редкометального комплексов определены некоторые параметры флюидного режима (табл. 1). В порфировом комплексе Калгутинского массива при переходе от биотитовых порфировидных гранитов и меланогранитов ранней фазы к микрогранит-порфирам третьей фазы происходит заметное снижение температур их кристаллизации от 670 до 540°C. В этом же направлении снижается коэффициент восстановленности флюидов от 0,24 до 0,13 при одновременном повышении кислотности среды (условный потенциал ионизации биотита изменяется от 188,3 до 190,3) и значительной относительной концентрации HF во флюидах от 0,0213 до 0,0936 моль/дм<sup>3</sup>. Параллельно закономерно повышалась фугитивность плавиковой кислоты, а в соотношениях парциальных давлений воды и углекислоты во флюидах происходил сдвиг в пользу последней. Коэффи-



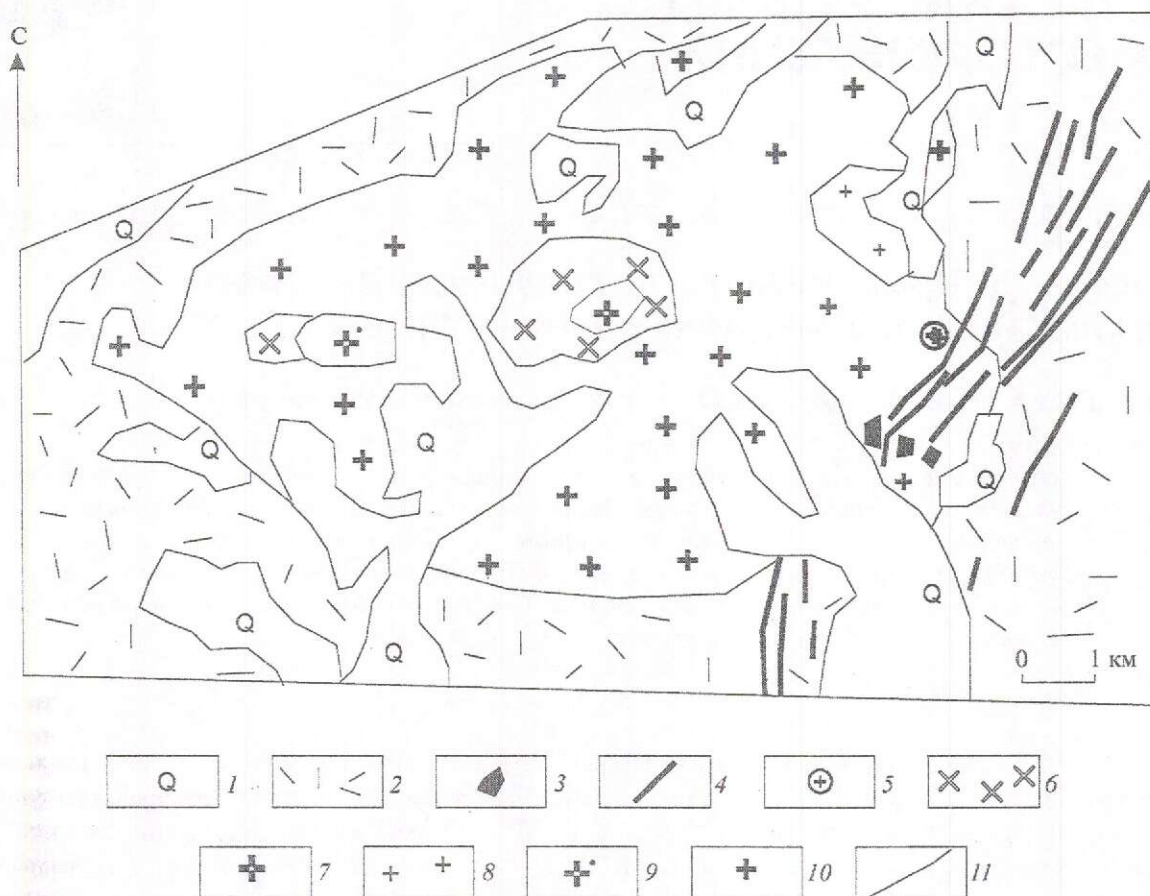


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Калгутинского рудного поля, по И.Ю. Анниковой, А.А. Поцелуеву и др., с авторскими дополнениями:

1 — четвертичные образования; 2 — девонские вулканогенно-терригенные образования; восточно-калгутинский комплекс,  $J_{1vk}$ ; 3 — дайки эльванов и онгонитов, 4 — штоки гранит-порфиров, 5 — грейзены молибденового штока; чиндагауйский гранит-лейкогранитовый порфиновый комплекс,  $J_{1ch}$ ; интрузии дополнительных фаз — 6 — резкопорфиридные двуслюдяные лейкогранит-порфиры, 7 — порфиридные и (или) неравномерно-зернистые двуслюдяные лейкограниты, 8 — крупнозернистые мусковитовые лейкограниты; интрузии главной фазы — 9 — порфиридные двуслюдяные граниты, 10 — порфиридные биотитовые граниты; 11 — геологические границы

циент  $pH_2O+pCO_2/pH_2O$  возрастал от 2,18 до 2,4. Это приводило к взрывному эффекту в микрогранит-порфирах 3-й фазы и формированию флюидо-эксплозивных брекчий, широко распространенных в молибденовом штоке и других участках с порфиридным комплексом заключительной фазы.

Поздние редкометалльные дайки онгонитов и эльванов, с которыми связаны жильные кварц-вольфрамитовые и кварцево-грейзеновые редкометалльные руды, формировались в несколько иных  $PT$ -условиях и параметрах флюидного режима. Температуры кристаллизации эльванов ( $600^\circ C$ ) и онгонитов ( $530^\circ C$ ) различались. Фугитивность кислорода для первых была существенно выше при незначительной осцилляции соотношений парци-

альных давлений воды и углекислоты. Коэффициент  $pH_2O+pCO_2/pH_2O$  несколько выше у онгонитов (см. табл. 1). Кислотность среды при их кристаллизации также была выше. В их флюидах фиксируются весьма высокие концентрации плавиковой кислоты (до  $1,688$  моль/дм<sup>3</sup>).

Температура кристаллизации грейзенов оценена в  $520^\circ C$  при высоких положительных значениях фугитивности кислорода и весьма низком значении восстановленности флюидов. Последние характеризовались высокими значениями концентраций HF, намного превышающими таковые в гранитоидах порфиридного комплекса (см. табл. 1).

На диаграмме  $\lg M_{HF}-T, ^\circ C$  (рис. 2) породы порфиридного комплекса и редкометалльных даек онго-



1. Параметры флюидного режима интрузивных пород Калгутинской рудно-магматической системы

Породы и фазы	T, °C	lg fO <sub>2</sub>	fH <sub>2</sub> O	pH <sub>2</sub> O	pCO <sub>2</sub>	K <sub>вос</sub>	y	M <sub>HF</sub>	fHF	$\frac{pH_2O+pCO_2}{pH_2O}$
<i>Порфиновый комплекс Калгутинского массива</i>										
Гранит-порфиры 1-й фазы	670	-9,8	810	940	1110	0,24	188,3	0,0213	2,7	2,18
Гранит-порфиры 2-й фазы	570	-10,9	750	910	1090	0,2	189,8	0,0539	3,15	2,2
Лейкогранит-порфиры 3-й фазы	540	-10,8	840	1000	1490	0,13	190,3	0,0936	3,26	2,4
<i>Комплекс редкометалльных даек и грейзенов</i>										
Онгониты	530	-12,8	760	920	1080	0,23	189,3	1,688	3,44	2,17
Эльваны	600	-2,1	700	820	930	0,22	187,6	0,0334	3,3	2,13
Грейзены	520	2,5	-	-	-	0,03	187,2	0,588	-	-

Примечание. lg fO<sub>2</sub> — логарифм фугитивности кислорода; fH<sub>2</sub>O, fHF — фугитивности воды и плавиковой кислоты; pH<sub>2</sub>O, pCO<sub>2</sub> — парциальные давления воды и углекислоты соответственно; M<sub>HF</sub> — концентрации плавиковой кислоты во флюидах, моль/дм<sup>3</sup>; K<sub>вос</sub> — коэффициент восстановленности флюидов; y — условный потенциал ионизации биотита. Фугитивности и парциальные давления приведены в барах.

нитов и эльванов локализуются выше низкофтористого тренда известных медно-молибден-порфирировых систем (Шахтама, Аксуг). По концентрациям HF они близки к высокофтористой редкометалльной системе Акчатау в Центральном Казахстане [1]. Концентрации HF в поздних фазах порфирирового и редкометалльного комплексов не снижаются, а увеличиваются. Это, вероятно, связано с формированием в процессе дифференциации глубинного очага «открытой» по фтору Калгутинской рудно-магматической системы [3].

По данным Б.Г.Семенцова [7], на Калгутинском месторождении выделяются следующие этапы рудообразования: предрудный; ранний кварцево-жильный с сульфидной и рудными стадиями; прожилково-вкрапленный со штоковой, жильно-штоковой и пегматитовой стадиями; основной кварцево-жильный с ранней и поздней стадиями; внутрирудный «ультраредкощелочной» и поздний кварцево-жильный. Как видно из перечисленных ассоциаций минералов, в рудах совмещены продукты прожилково-вкрапленной медно-молибден-порфи-

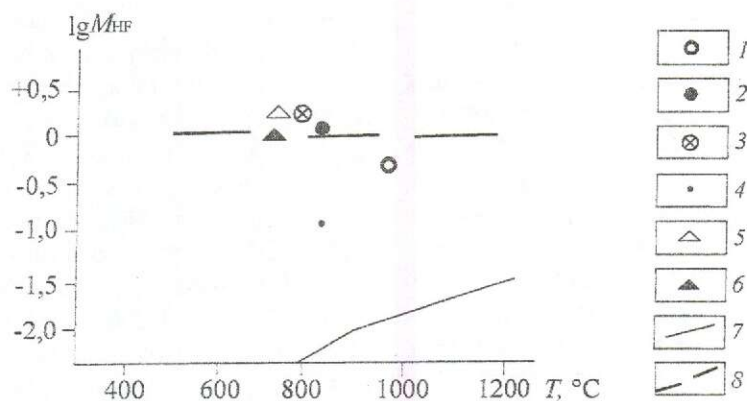


Рис. 2. Диаграмма lg M<sub>HF</sub> – T, °C для магматических пород Калгутинской рудно-магматической системы, по [1]:

1 — порфиридные граниты 1-й фазы; 2 — гранит-порфиры 2-й фазы; 3 — лейкогранит-порфиры 3-й фазы; дайки: 4 — эльванов, 5 — онгонитов; 6 — грейзены; 7 — низкофтористый тренд медно-молибден-порфирировых систем Аксуга, Шахтама, по [1]; 8 — высокофтористый тренд редкометалльных систем Этыки, Акчатау, по [1]



ровой минерализации и кварцево-жильной и грейзеновой молибден-вольфрамовой. В рудном поле отчетливо различимы руды трех главных типов: кварц-вольфрамитовые, прожилково-вкрапленные молибденового штока и прожилково-вкрапленные медно-молибден-порфиновые.

Руды кварц-вольфрамитового типа представлены 589 жилами кварца протяженностью от 20 до 330 м (средняя 106 м) по простиранию и от 16 до 210 м (средняя 47 м) по падению. Рудные жилы имеют доминирующее северо-восточное простирание с крутыми падениями на северо-запад и юго-восток. Текстура руд гнездово-вкрапленная и вкрапленная. Главные рудные минералы — вольфрамит, молибденит, пирит. Реже встречаются висмутин, берилл, халькозин, халькопирит, блеклые руды. Второстепенные минералы — шеелит, гематит, магнетит, пиролюзит. Из жильных минералов преобладает кварц нескольких генераций. Эпизодически отмечаются мусковит, турмалин, флюорит, лепидолит. Рудные жилы сопровождаются оторочками грейзенов мощностью от нескольких сантиметров до 1 м и более. В грейзенах развита прожилково-вкрапленная шеелит-вольфрамитовая минерализация. Содержания в жилах (%)  $WO_3$  0,02–32 (среднее 1,85), Mo 0,005–1,71 (среднее 0,327), Cu 0,1–5 (среднее 0,57), в грейзенах —  $WO_3$  0,01–1,3 (среднее 1,76), Mo 0,01–0,2 (среднее 0,05), Cu 0,1–1 (среднее 0,88). Запасы подсчитаны по 103 жилам. Основные запасы вольфрама содержатся в 17 жилах из 49 принятых на баланс. 70% запасов сосредоточено в жиле № 87 второго разведочного участка. Запасы триоксида вольфрама кварц-вольфрамитового жильного типа составили 12,7 тыс. т (среднее содержание 1,85%), молибдена — 2,2 тыс. т (среднее содержание 0,327%), меди — 3,9 тыс. т (среднее содержание 0,57%).

Молибденовый шток (первый разведочный участок) — это «слепое» трубообразное тело размером от 80×100 до 120×100 м, прослеженное на глубину 310 м от поверхности тремя штольнями (горизонты 2764, 2821 и 2878 м). В плане шток представляет собой коническую жилу гранит-порфиоров с флюидо-эксплозивной брекчией в ее центральной части. Брекчия состоит из остроугольных обломков гранит-порфиоров, сцементированных кварцем с турмалином и микроклином. По падению объем гранит-порфиоров возрастает, а флюидо-эксплозивной брекчии уменьшается, что свидетельствует о верхнерудном уровне штока и значительной протяженности молибденового штока по падению. В гранит-порфирах кварц-полевошпато-

вый матрикс с редкими выделениями биотита и интрагеллурическими вкрапленниками кварца и полевого шпата пронизан сетью кварцевых прожилков с богатой молибденит-халькопирит-пиритовой минерализацией. Отдельные просечки размером до 0,3×20 см сложены халькопиритом и молибденитом. Вкрапленная рудная минерализация представлена молибденитом (0,8%) в виде чешуек и пластинок размерами от 0,015×0,12 до 0,24×1,02 мм, создающих лучистые и веерообразные скопления, а также пиритом, халькопиритом, халькозином, вольфрамитом, гюбнеритом и ковеллином. Ей сопутствуют кварц-биотит-калишпатовые фельдшпатолииты, реже березиты. Между горизонтами штолен (2764 и 2878 м) выделен блок с запасами руды категории  $C_1$  542 тыс. т и молибдена 3904 т с максимальными содержаниями Mo 0,72%.

Руды медно-молибден-порфиорового типа локализованы в калишпатизированных и грейзенизированных порфировидных биотитовых гранитах, гранит-порфирах, кварц-мусковитовых грейзенах, кварцевых жилах, прожилках и штокверках. На горизонтах штолен нередко наблюдается наложение грейзенов на ранние фельдшпатолииты кварц-калишпатового, калишпат-биотитового составов. Рудные минералы представлены халькопиритом, пиритом, молибденитом, вольфрамитом, шеелитом, борнитом, халькозином, арсенопиритом, реже самородным золотом. В плане медно-молибден-порфировая прожилково-вкрапленная минерализация образует овал размером 900×1200 м и совпадает с ро-ем даек и небольших штоков гранит-порфиоров, микрогранит-порфиоров, нередко сопровождающихся флюидо-эксплозивными брекчиями. В брекчиях кварцевые прожилки с вкрапленностью пирита комбинированного габитуса (куб+пентагондодекаэдр), халькопирита, халькозина, молибденита, редко пирротина образуют штокверковые и прожилково-вкрапленные рудные скопления. Содержание в рудах (%) Cu 0,2–1,8 (среднее 0,34), Mo 0,03–0,8 (среднее 0,1). По вертикали порфировая минерализация прослежена на 500 м без признаков выклинивания. Руды этого типа развиты в пределах крупной аномалии площадью более 7 км<sup>2</sup> с содержанием Cu 0,005–0,2%, Mo 0,001–0,005%. В центре развития прожилково-вкрапленной минерализации распространены фельдшпатолииты, а по периферии овала преобладают пропилиты и березиты. Фронтальную зону аномалии занимают аргиллизиты. Спорадически в ее контуре отмечаются всплески повышенных концентраций Bi, As, Zn, Pb, Ag, Au. Пространственно с рудной аномалией совмещается



отрицательная аномалия магнитного поля  $Z_a$  интенсивностью до 400 Нт размером 300×700 м. Аномалия меди и молибдена на большей части площади не оценена и не опроискована.

Калгутинское месторождение характеризуется высокими концентрациями платиноидов в рудах и продуктах их обогащения (табл. 2). По данным А.А.Поцелуева и В.И.Котегова [6], в отходах продуктов обогащения вольфрам-молибденовых руд установлены высокие концентрации благородных металлов, г/т: Au 730, Ag 123, Pt 108, Pd 85. Указывается, что источник рудообразующих флюидов, возможно, мантийный. Это подтверждается высоким содержанием в рудах углеродистого вещества в форме графита, содержание которого растет с глубиной. По данным изотопии предполагается присутствие базальтоидной магмы в подошве рудовмещающего Калгутинского гранитоидного массива [6].

Для минералов из руд различных типов (медно-молибден-порфировых и кварцево-грейзеновых вольфрамитовых) проведено сравнение содержаний элементов-примесей (табл. 3). Пириты кварцево-жильных и грейзеновых редкометальных руд отличаются от дисульфидов медно-молибден-порфировых образований повышенными концентрациями Cd, Sn и пониженными Sb, Mn, Re, Se, Te. Молибдениты порфировых руд отличаются от молибденового блеска редкометальной минерализации повышенными содержаниями Ag, Sn, реже Se, Te и пониженными концентрациями W, Mn, Bi. В молибденитах порфировых руд содержание рения (114 г/т) значительно превышает его минеральный кларк. Халькопириты руд этого типа характеризуются более высокими концентрациями почти всех элементов-примесей по сравнению с медным колчеданом редкометальных руд, за исключением вольфрама, марганца, висмута. Концентрации рения (1,1 г/т) в халькопи-

## 2. Содержания благородных металлов в рудных образованиях Калгутинского месторождения, мг/т

Металлы	Типы рудных образований		
	Медно-молибден-порфировые руды	Жилы кварц-молибденит-вольфрамитового состава	Грейзены кварцево-вольфрамитовые
1	2	3	4
Pt	12–4000 (310)	0,5–3000 (230)	0,5–1800 (200)
Pd	10–1200 (135)	5–700 (80)	2,4–52 (18)
Os	2–80 (15)	0,5–45 (6)	0,5–92 (4)
Au	5–500 (250)	1,2–50 (19)	1–61 (12)

Примечание. В скобках — средние содержания элементов; в графах 3, 4 — данные А.А.Поцелуева, А.Ю.Никифорова, В.И.Котегова [6].

## 3. Содержания элементов-примесей в некоторых сульфидах из грейзеновых и медно-молибден-порфировых типов руд Калгутинского месторождения, г/т

Элементы	Грейзеновые руды			Медно-молибден-порфировые руды		
	Пирит, n=3	Молибденит, n=3	Халькопирит, n=4	Пирит, n=4	Молибденит, n=3	Халькопирит, n=5
Ag	211,4	95,4	196,4	289,5	618,7	622,8
Cd	113,1	3,3	52,7	16,8	2,8	277,4
In	2,7	4,7	13,6	3,8	5,4	31,5
Sn	123,1	5,2	33,7	71,6	21,6	68,3
Sb	86,4	-	2,7	148,1	-	12,3
W	2,9	27,6	43,6	1,3	15,4	12,8
Mn	553,2	2029,3	326,6	873,6	1275,5	65,1
Re	0,6	35,3	0,8	1,3	188,6	4,2
Se	9,3	31,8	28,2	12,7	128,7	127,8
Te	11,2	25,9	18,4	22,1	48,3	47,4
Bi	12,1	15,7	1570	9,2	8,4	89,2

Примечание. Анализы выполнены количественным спектральным методом в лаборатории ОИГИГ СО РАН (г. Новосибирск).



рите в 3,8 раза превышают кларк [8]. Для халькопиритов отмечается положительная корреляция высоких содержаний индия и олова.

По классификации А.И.Кривцова, медно-молибден-порфировое оруденение Калгутинского рудного узла связано с андезитовидными вулканоплутоническими поясами и их обрамлением, а также с блоками ранней консолидации эпикратонного типа [5]. Повышенная кремнекислотность порфирового комплекса обуславливает доминирующую роль молибдена в составе порфировых руд.

Таким образом, Калгутинская рудно-магматическая система представлена продуктами магматизма полихронного типа и связанными с ним рудами различного состава: медно-молибден-порфировыми более ранними и грейзеновыми молибден-вольфрамовыми завершающего этапа. Поздние дериваты порфирового комплекса и редкометалльные дайки онгонитов и эльванов несут в себе черты, свойственные рудно-магматическим системам, формировавшимся при участии трансмагматических флюидов мантийной природы. В составе руд обнаруживается обширный спектр элементов, включающий помимо главных рудных компонентов — меди, молибдена, вольфрама, также повышенные концентрации золота, платиноидов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксюк А.М. Экспериментально обоснованные геофториметры и режим фтора в гранитных флюидах // Петрология. 2002. Т. 10. № 6. С. 630–644.
2. Амшинский Н.Н. Справочник. Петрохимическая характеристика, геохимия и радиология гранитоидов Горного Алтая. – Новосибирск, 1983.
3. Гусев А.И. Пералюминиевые гранитоиды Горного Алтая: петрология и рудоносность // Природные ресурсы Горного Алтая. 2004. № 1. С. 33–35.
4. Калгутинский редкометалльно-гранитный массив (Горный Алтай): геодинамическая позиция, глубинная морфология, изотопный возраст / И.Ю.Анникова, А.Г.Владимиров, С.А.Выставной и др. // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Томск, 2002. Т. 1. Вып. 3. С. 10–15.
5. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983.
6. Поцелуев А.А., Никифоров А.Ю., Котегов В.И. Перспективы грейзенового типа руд Калгутинского Мо-W месторождения (Горный Алтай) // Региональная геология, геология месторождений полезных ископаемых. Материалы Международной научно-технической конференции. Томск, 2001. С. 306–309.
7. Семенов Г.Б. Новая геолого-геофизическая модель Калгутинского месторождения (Горный Алтай) // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития. Горно-Алтайск, 1998. С. 42–43.
8. Средние содержания элементов-примесей в минералах / В.В.Иванов, В.В.Белевитин, Л.Ф.Борисенко и др. – М.: Недра, 1973.



УДК 553.411+549.283 (470.5)

© Коллектив авторов, 2005

## ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ХАЛМЕРЬИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Л.А.Николаева, С.В.Яблокова, Н.П.Остроумова, Е.В.Матвеева, А.Н.Некрасова, Л.В.Михайлова, Л.В.Шатилова (ЦНИГРИ МПР России)

*Исследования самородного золота Халмерьинского рудного поля (восточный склон Приполярного Урала) выявили комплекс признаков (размеры, вариации, пробность, наличие примесей, внутреннее строение выделений, их морфология), свидетельствующих об условиях и последовательности формирования золотого оруденения и его рудно-формационной принадлежности. Особенности золота месторождения Сосновое, участков Пальникшор, Правобережный, Безымянный позволяют отнести их к золото-сульфидно-кварцевой формации. Отличающееся рядом признаков золота рудопроявление Тэлаиз предположительно рассматривается как золото-меднопорфировое.*

Образцы для исследования самородного золота были отобраны авторами при проведении полевых работ в пределах Халмерьинского рудного поля в 1987–2002 гг., а также предоставлены специалистами Департамента по нефти, газу, минеральным ресурсам ХМАО, КПр по ХМАО, ОАО «Сосьвапром-геология», ОАО РЭП «Березовское».

Халмерьинское рудное поле расположено на восточном склоне Приполярного Урала. Сведения о геологическом строении района и распределении золоторудной минерализации опубликованы ранее [3]. Позиция рудного поля определяется нахождением во фронтальной зоне системы Лемвинского надвига вблизи жесткого блока Ляпинского поднятия. Надвиговая пластина имеет сложное чешуйчатое строение с большим количеством пологих срывов, которые трассируются протяженными зонами расланцевания и милонитизации. Пологие зоны срывов, система секущих крутопадающих северо-восточных и северо-северо-восточных разрывных нарушений и нескрытый гранитоидный массив, зафиксированный по отдельным апикальным выходам и геофизическим данным, определяют структуру рудного поля. В области сочленения пологих и более поздних крутопадающих северо-восточных разрывных нарушений локализованы минерализованные зоны с прожилково-вкрапленным и жильным оруденением.

Многочисленные золоторудные объекты, выявленные на площади рудного поля (месторождение

Сосновое, рудопроявления Пальникшор и Тэлаиз, участки Качаиз, Безымянный, Правобережный, Сосновый Южный, Ошкашор), обладают сходными геологическими характеристиками, в том числе особенностями золоторудной минерализации и самородного золота. В то же время наблюдаются индивидуальные признаки руд и золота для групп рудопроявлений. К причинам, обусловившим эти различия, относятся различная удаленность объектов от гранитоидного массива и частные характеристики рудовмещающей толщи. Так, месторождение Сосновое, участки Безымянный, Сосновый Южный и Правобережный расположены над подводящим каналом гранитоидного массива, рудопроявления Пальникшор и Ошкашор — на периферии нескрытого интрузивного тела, а рудопроявления Тэлаиз и Качаиз являются наиболее удаленными. Рудовмещающая толща на месторождении Сосновое, участках Безымянный, Сосновый Южный, Правобережный, Пальникшор и Ошкашор представлена метавулканитами кислого состава с прослоями меланократовых сланцев, а на рудопроявлениях Тэлаиз и Качаиз — переслаивающимися априолитами и сланцами, среди которых преобладают слюдисто-альбит-кварцевые парасланцы и меланократовые разности.

Наиболее детально в Халмерьинском рудном поле изучено месторождение Сосновое. Оно расположено в юго-западной части рудного поля и приурочено к краевой надапикальной части слабо-эродированного массива гранитоидов. Продуктив-



ная минерализация сосредоточена в области пологого контакта неоднородной, смятой в изоклинальные складки пачки аповулканогенных и аповулканогенно-осадочных пород среднего и основного составов и гнейсовидных апотуфовых пород кислото-умеренно кислого состава.

Изменения рудовмещающих пород проявились в широком распространении площадной дорудной микроклинизации и развитии околорудных пирит-калишпатовых метасоматитов.

Рудные тела представлены минерализованными зонами с жильно-прожилково-вкрапленными рудами, имеющими неоднородное строение. Чередуются золотоносные образования различных морфологических типов — пологие и крутопадающие кварцевые жилы, сложные кварцево-жильные узлы, метасоматиты, интенсивно тектонически переработанные меланократовые сланцы, разделенные незолотоносными участками.

Характерные текстуры руд — вкрапленные, прожилково-вкрапленные, прожилковые, прерывисто-прожилковые, полосчатые, пятнистые, гнездовые, линзовидно-полосчатые, струйчатые; структуры — панидиоморфнозернистые, аллотриоморфнозернистые, интерстициальные, катакластические, замещенные, цементационные, ситовидные (или ситовидно-зональные), колломорфные, распада твердого раствора, скелетные.

По составу руды умеренно-сульфидные со средним содержанием сульфидов 3–5%. Из нерудных минералов в них широко развиты кварц, карбонат, полевые шпаты, серицит (мусковит), хлорит, рутил, сфен. Среди рудных минералов резко преобладает пирит, в подчиненном количестве отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды, золото, пирротин, марказит, магнетит, гематит, ильменит. Редкие минералы представлены герсдорфитом, миллеритом, пентландитом, гесситом, кюстелитом (?), молибденитом. Вторичные минералы (гидроксиды железа, халькозин, ковеллин, борнит) развиты незначительно.

Пирит представлен несколькими разновидностями и генерациями. В предрудных калишпатовых метасоматитах он наблюдается в виде крупных (до нескольких сантиметров) метакристаллов (пирит I) или скоплений мелких кристаллов и выделений с гипидиоморфнозернистой структурой (пирит II). Наиболее часто присутствует пирит III, развитый в форме интерстициальных выделений, прерывистых прожилков, нередко образующий каймы вокруг кристаллов или обломков пирита I в зонах брекчирования. В ассоциации с поздними сульфидами от-

мечен пирит IV, который также развит в основном в зонах брекчирования. Наиболее поздний пирит V распространен в виде новообразований по пирротину совместно с пирит-марказитом.

Содержание Au в пиритах из различных образований по данным атомно-абсорбционного анализа колеблется в широких пределах — от <1 до 3718,5 г/т: в пирите из метасоматитов — 2,71–42,13 г/т, а в пирите из пологих жил — 2,04–37,8 г/т при среднем содержании 14,9 г/т. В пирите из крутопадающих жил оно колеблется от 0,92 до 127,63 г/т; среднее содержание 39,14 г/т. Максимальное содержание золота (3718,8 г/т) установлено в пирите из кварц-карбонатной брекчии.

По наблюдениям в аншлифах золото пространственно чаще всего связано с пиритом I, который может рассматриваться в качестве минерала-хозяина. В катаклазированном пирите золото образует мелкие включения, «залечивает» трещины и окаймляет зерна пирита. Преобладающий размер золотин составляет сотые и очень редко десятые доли миллиметра, максимальный — до 0,3–0,4 мм в поперечнике. Форма выделений в плоскости аншлифов неправильная, изометричная, прожилковидная (пластинчатая, гемиидиоморфная). В кварце вблизи граней крупного кристаллического пирита I золото наблюдается в форме мелких выделений, вытянутых в прерывистую цепочку или образующих гнездовидные скопления. Наблюдаются выделения золота гемиидиоморфной формы, нарастающие на грани пирита I.

Достаточно часто присутствуют закономерные сростания золота с халькопиритом, галенитом и сфалеритом, характер взаимоотношений минералов в которых указывает на близодновременное их отложение. Пространственно эти образования тяготеют к участкам катаклазированного пирита I, давая в нем мелкие вростки или выполняя промежутки между кристаллами. Реже золото встречается в виде включений в мелкозернистом пирите II и самостоятельных выделений в кварце и вмещающих сланцах.

По результатам наблюдений взаимоотношений минералов в аншлифах выделены две продуктивные на золото ассоциации — ранняя золото-пирит-кварцевая и поздняя золото-полисульфидно-кварцевая. Золото-пирит-кварцевая ассоциация, основными минералами которой являются кварц, пирит II и золото, выделена по ограниченному числу наблюдений сростаний золота с пиритом II. Золото-полисульфидно-кварцевая ассоциация, в состав которой входят кварц, пирит IV, сфалерит, халькопирит,



галенит, блеклые руды и золото, наблюдается в аншлифах наиболее часто.

Основные признаки золота (состав, морфология, внутреннее строение) на месторождении Сосновое во всех типах золотоносных образований минерализованной зоны в целом близки.

*Размеры золотинок* варьируют от 0,05 до 12 мм. Наиболее крупные из них сосредоточены в кварцевых жилах с высоким содержанием сульфидов. В малосульфидных рудах присутствует золото крупных и средних размеров (классы  $-5+1$  мм) с существенной долей частиц крупнее 2 мм (класс  $-4+2$  мм).

*Пробность* золота достаточно стабильна на всей площади месторождения. Средние ее значения по данным пробирного анализа варьируют от 876 до 937, а в отдельных частицах по данным микрорентгеноспектрального анализа — от 868 до 923, с заметным преобладанием золота пробности 880–900 (более 80%). Наиболее высокопробное золото (средняя пробность 937) наблюдается в меланократовых сланцах (табл. 1).

В существенно сульфидных рудах количественным микроспектральным анализом установлены примеси (мас. %) As 0,002–0,01, Hg 0,02–0,2, Cu 0,005–0,25, спорадически Pb 0,002 и редко Fe 0,02.

Для золота месторождения Сосновое характерны правильные и неправильные формы, соотношение которых варьирует в зависимости от степени сульфидности руд. Неправильные формы — прожилково-трещинные и губчатые — преобладают в меланократовых сланцах, пологих кварцевых жилах и метасоматитах и связаны с золото-пирит-кварцевой ассоциацией. Правильные идиоморфные

выделения, характерные для узлов сопряжения крутопадающих и пологих кварцевых жил с золото-полисульфидно-кварцевой продуктивной ассоциацией, представлены искаженными кристаллическими индивидами, образующими сложные ветвящиеся сростки дендритоидного габитуса (рис. 1). Кристаллы в сростках часто вытянутые, в ряде случаев лентовидные и проволоковидные со ступенчатыми скульптурами роста, поперечными к удлинению. Встречаются сростки изометричных кристаллов с цепочковидным расположением. Вершины кристаллов обычно притуплены, ребра сглажены. Все эти особенности свидетельствуют о метасоматическом образовании правильных форм в удлиненных полостях, выполненных легко замещаемыми минералами.

*Внутреннее строение* золота в зависимости от его состава изменяется в образованиях разных типов. Для золота высокой пробности типичны монозернистые, неяснозернистые структуры с едва различимыми контурами зерен. Более низкопробное золото имеет пятнисто-неоднородное, неяснозернистое строение. Отмечаются признаки грануляции и дезинтеграции относительно высокопробного золота, находящегося в сростании с более низкопробным (рис. 2).

В единичных золотинок на фоне пятнистой неоднородности выявляются обособления высокопробной фазы с четкими округлыми или фестончатыми контурами. Размеры обособлений могут достигать 0,36 мм. Они располагаются в виде редких пятен или их цепочек. Приуроченность высокопробных обособлений к центральным частям золо-

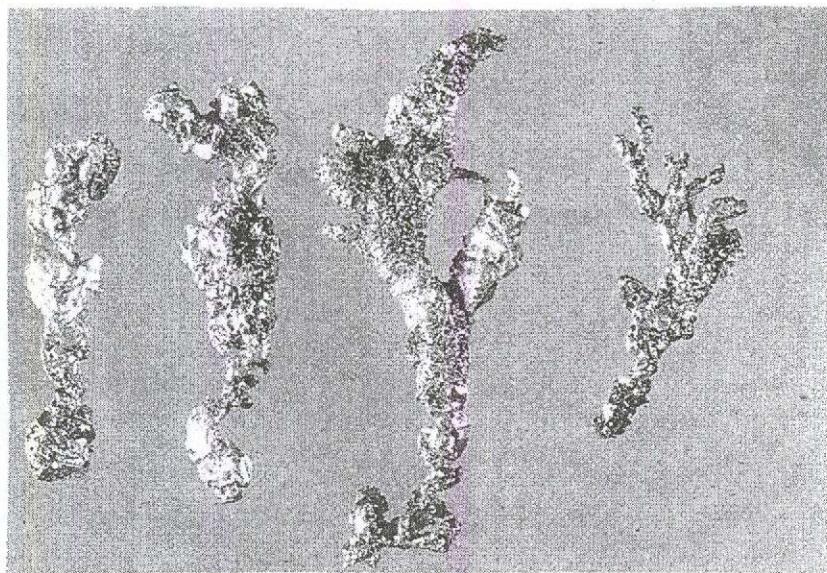


Рис. 1. Веточковидные сростки удлиненных кристаллов золота, месторождение Сосновое, ув. 7



## I. Химический состав золота месторождения Сосновое по данным разных методов анализа

Золотоносные образования минерализованной зоны	Пробирный, ‰		Микрорентгеноспектральный, мас. %				
	Au	Ag	Au	Ag	Cu	Pt	Hg
Амфибол-биотитовые сланцы и кварцевые жилы	937	63					
Пологие кварцевые жилы и метасоматиты с метакристаллами пирита	901	99	89,26	11,08	0,027		
			89,45	10,92	0,008		
			89,30	11,43	0,107		
			89,06	11,26	0,044		
			92,35	6,32	0,03	0,15	0,02
			90,23	8,77	0,04	0,19	
			89,57	9,27	0,06	0,08	0,25
			87,32	11,75	0,06		
			87,07	10,70	0,061	0,49	
			90,64	7,91			
			87,85	11,42	0,09		
			86,78	11,28	0,02		
			89,26	11,08	0,08		
89,45	10,57						
89,30	11,43	0,10					
89,06	11,26	0,04					
Узлы сопряжения пологих и крутопадающих кварцевых жил с гнездами сульфидов	897	103	88,20	11,80	—		
			88,29	11,30	0,041		
			88,50	11,00	0,030		
			89,15	10,50	0,085		
			88,37	11,36	0,07		
			88,96	11,36	0,09		
			88,44	11,01	0,03	0,1	
Крутопадающие кварцевые жилы с сульфидами	876	124	89,35	11,12	0,040	Не опр.	Не опр.
			89,85	10,15	0,010		
			90,00	10,04	0,047		
			89,56	10,12	0,125		
			90,07	10,14	0,048		
			89,01	11,01	0,09		
			89,11	11,02			
			89,48	10,87			
			89,55	10,48			
			89,58	10,51	0,01		
			89,76	10,56	0,03		
90,00	10,4	0,04					
90,21	10,03						
90,06	10,01	0,06					
Метасоматиты с полисульфидной минерализацией	879	121	88,47	10,80	0,027	Не опр.	Не опр.
			89,45	10,90	0,008		
			89,82	10,80			

тин, отсутствие связи с трещинами или дефектами структуры дают основание для рассмотрения их в качестве реликтов более раннего высокопробного золота (рис. 3).

Отмеченные признаки и особенности внутреннего строения позволяют выделить несколько генераций золота. Наиболее раннее высокопробное (920–940) золото наблюдается в более низкопробном в виде реликтов и самостоятельных выделений в меланократовых сланцах и кварцевых жилах. Связь с рудообразующими минеральными ассоци-

ациями наиболее высокопробного золота неясна. В рудах преобладает золото пробности 880–910, в структуре которого наблюдаются признаки грануляции и дезинтеграции. Оно ассоциирует с пиритом и широко распространено во всех золотоносных образованиях минерализованной зоны, составляя от 70 до 80% от общего числа золотин в выборках. Это золото относится к золото-пирит-кварцевой ассоциации. Золото пробности 860–870 связано с золото-полисульфидно-кварцевой ассоциацией.



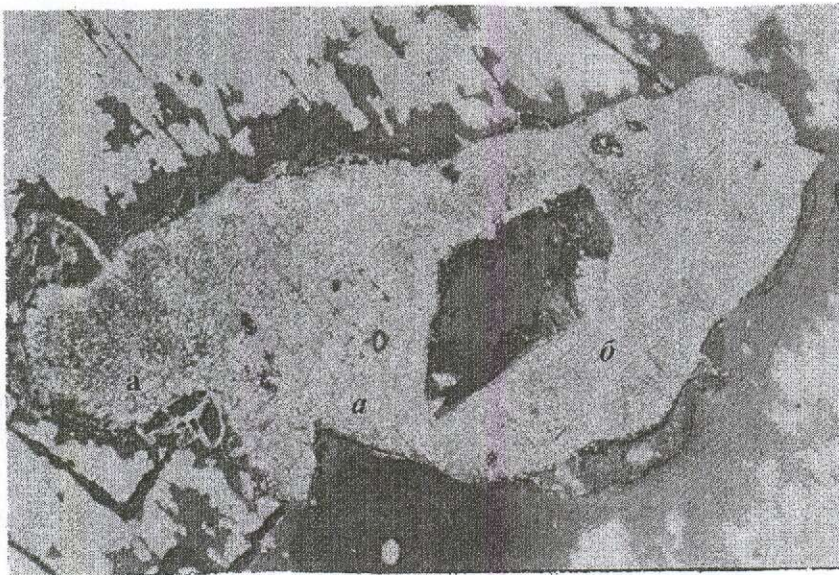


Рис. 2. Гетерогенное строение золота, месторождение Сосновое, ув. 115:

*a* — раннее относительно высокопробное с признаками грануляции и дезинтеграции, *б* — позднее более низкопробное, пятнисто-неоднородное

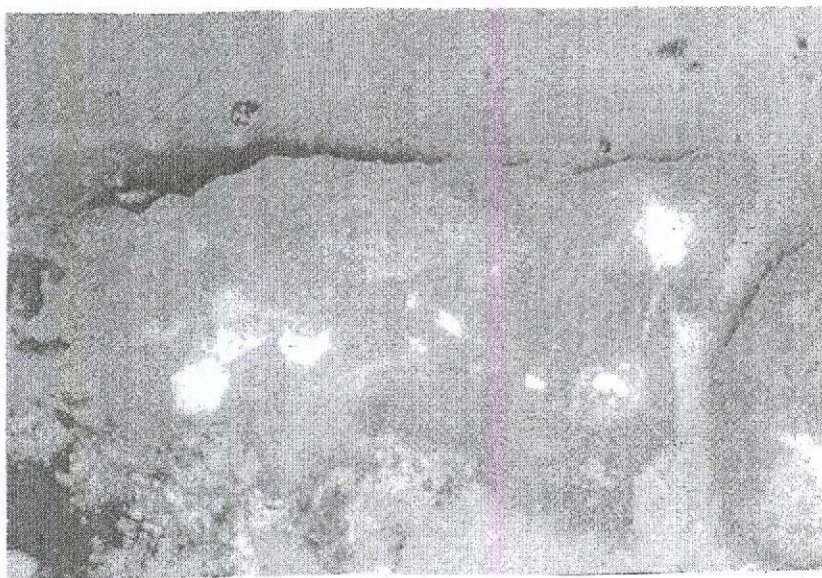


Рис. 3. Реликты раннего высокопробного золота (светлое) в пятнисто-неоднородном, относительно высокопробном золоте, месторождение Сосновое, ув. 95

На рудопроявлении Пальникшор золото обнаружено в метасоматитах и кварцевых жилах. В метасоматитах оно образует сростания с гидроксидами железа ящичной текстуры. В кварцевой жиле золото размером до 2,5 мм наблюдалось в сростании с галенитом, сфалеритом. Пробность в отдельных образцах варьирует от 855 до 980 с преоблада-

нием значений 900–910. Характерно отчетливое разделение золота на две группы — с пробностью 860–880 и более 900. Самородок массой 3,6 г, найденный в россыпи и представляющий собой сросток золота с молочно-белым и голубовато-серым полупрозрачным кварцем, имел пробность 940–980 (рис. 4). Микрорентгеноспектральным анализом в



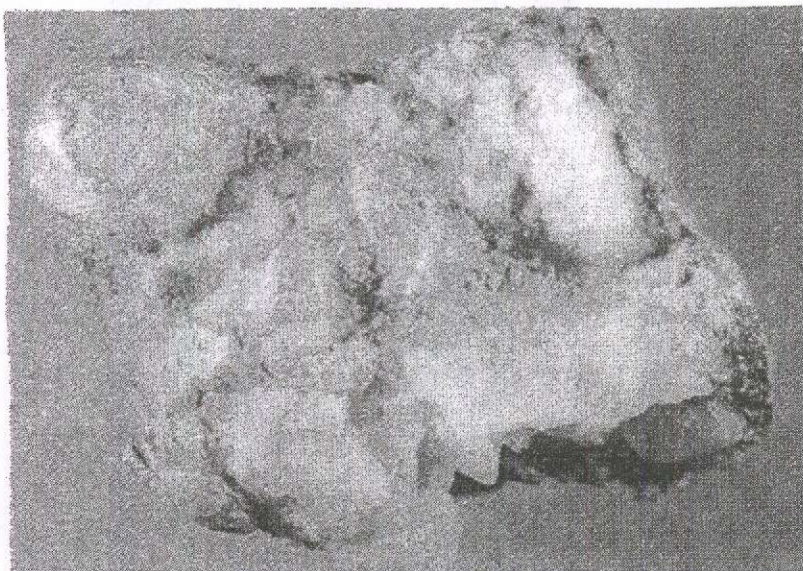


Рис. 4. Самородок золота с кварцем и ожелезненной слюдисто-кварцевой породой массой 3,6 г, рудопоявление Пальникшор, ув. 5

золоте участка Пальникшор установлено присутствие (мас. %) Cu 0,01–0,06 и спорадически Pt 0,06, Hg 0,05. В самородке обнаружена также примесь (мас. %) Bi 0,0001, Fe 0,015, Mn 0,0002.

Формы выделений золота преимущественно трещинно-прожилковые, несколько реже кристаллические, цементационные и смешанные. Проявлены ступенчатые скульптуры роста. Округлая форма отдельных частиц, их элементов, а также скульптур указывает на механизм роста путем метасоматического замещения вмещающих минералов, а цементационная и трещинная — на отложение золота в трещинных полостях. На поверхности локально проявлены следы выщелачивания. Внутреннее строение золота зернистое пятнисто-неоднородное со следами значительной деформации.

На участке **Правобережный** золото наблюдалось в сростании с плотными псевдоморфозами гидроксидов железа по сульфидам и в ожелезненных гидрослюдистых агрегатах. Размеры его варьируют от 0,05 до 1,8 мм. Пробность золота изменяется от 845 до 915 с незначительным преобладанием значений 880–910; несколько реже отмечалась пробность 860. В качестве примесей в железистых агрегатах установлены (мас. %) Cu 0,01–0,05 и в большей части образцов Pt 0,07–0,3.

При широких вариациях форм золота характерно присутствие его проволоковидных и дендритоидных выделений, сростков удлиненных кристал-

лов, а также гемиидиоморфных частиц со ступенчатыми скульптурами роста. Внутреннее строение пятнисто-неоднородное или неяснозональное монокристаллическое. На поверхности отдельных золотин наблюдаются микробугорчатые пористые наросты вторичного золота.

На участке **Безымянный** в сростании с золотом фиксируются гидроксиды железа и углисто-сланцевые сланцы. Вариации пробности золота здесь значительны — от 700 до 975. Встречены единичные выделения кюстелита (пробность <300) и самородного серебра. Различаются две основные разновидности золота — пробности 880–920 и 860–870. Небольшому числу золотин присуща пробность более 920, редко она составляет 700–760. Преобладает золото пробности 880–920. Средняя пробность золота по пробирному анализу 884, по рентгеноспектральному — 896.

В качестве примесей постоянно присутствуют (мас. %) Cu 0,01–0,07 и Pt 0,02–0,28, а в поверхностном слое, кроме обычного набора элементов (Cu, Fe, Al, Si, O), — Ca и S.

При преобладании неправильных форм наблюдаются проволоковидные и палочковидные выделения. Характерны скипетровидные сростки часто округленных кристаллов со ступенчатыми скульптурами роста (рис. 5).

При изучении внутреннего строения выявлены три генерации золота — ранняя, представленная



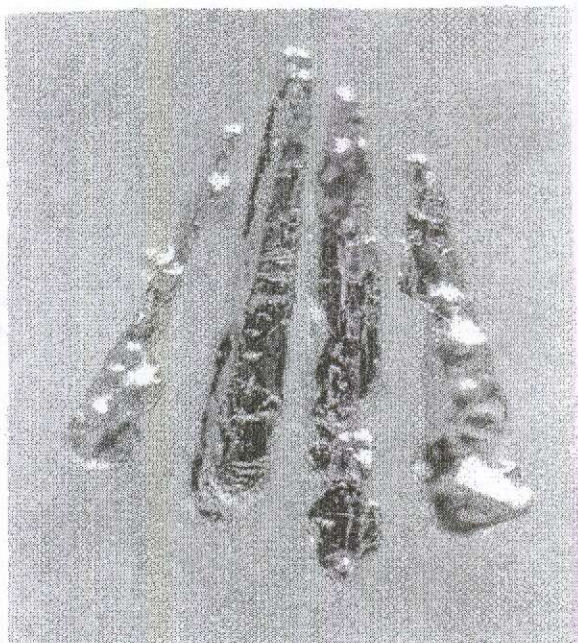


Рис. 5. Удлиненные скипетровидные кристаллы, участок Безымянный, ув. 60

фазой 880–920, более поздняя пробыности 860–870 и низкопробная — <740. Последняя, имеющая зональное строение и образующая самостоятельные зерна, располагается по периферии высокопробных частиц, в их интерстициях, иногда обрастает и цементирует более раннее золото. Эндогенная перекристаллизация золота привела к возникновению в приповерхностном слое и по границам его зерен широких диффузионных кайм, обедненных сереб-

ром. Диффузионные зоны обычно проявлены у золота двух первых разновидностей и отсутствуют у наиболее низкопробного золота (рис. 6).

**Рудопроявление Тэлаиз** располагается в структурной позиции, аналогичной таковой месторождения Сосновое. Вмещающие породы представлены толщей переслаивающихся апориолитов и сланцев, среди которых преобладают слюдистокварц-альбитовые парасланцы и меланократовые сланцы.

Площадные дорудные изменения пород выражаются в развитии альбита, хлорита, фенгита, карбоната и других минералов. Околорудные гидротермальные изменения (калишпатизация), связанные с кварцево-жильными телами, проявлены локально и слабо.

Руды участка Тэлаиз прожилково-вкрапленные с преобладанием вкрапленной составляющей, умеренно малосульфидные. Продуктивная минерализация приурочена к участкам наиболее интенсивно дислоцированным прокварцованным и карбонатизированным сланцев с вкрапленностью и гнездовидными скоплениями крупных (1–6 мм) метакристаллов пирита. Кроме пирита, в составе руд присутствуют халькопирит, халькозин, борнит, сфалерит и золото. В качестве примеси иногда наблюдаются блеклая руда и галенит. Количественно преобладают пирит и халькопирит.

В пирите отмечаются довольно многочисленные мелкие неправильные включения халькопирита в сростании с халькозином и борнитом. Халькопирит образует также скопления вокруг метакрис-

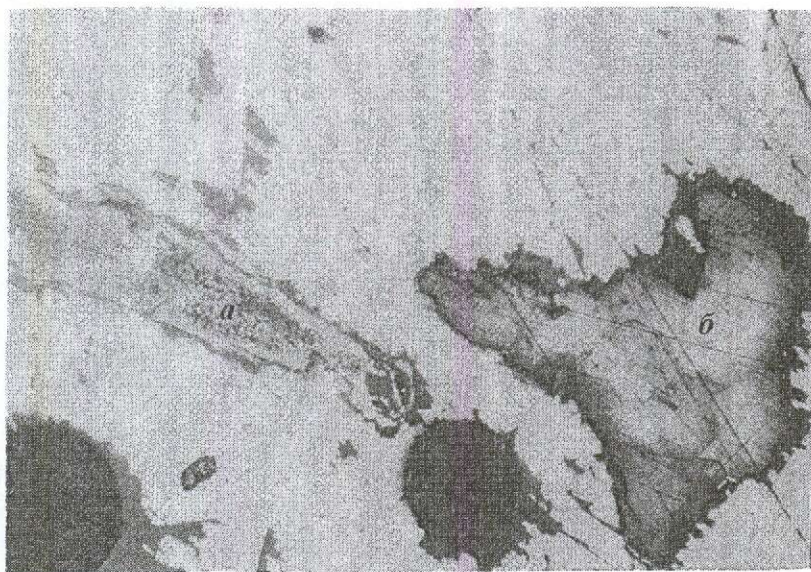


Рис. 6. Внутреннее строение золота разных генераций, участок Безымянный, ув. 100:

а — высокопробное монокристаллическое с диффузионной каймой, б — низкопробное (<740) неяснозональное



таллов пирита, выделяется по трещинкам в пирите в виде тонких прожилков. Форма выделений неправильная, интерстициальная, прожилковидная, размеры — от 0,03–0,10 до 0,5–1,2 мм. В сростках с халькопиритом встречается сфалерит, содержащий тонкую эмульсионную вкрапленность халькопирита. В прожилках в пирите халькопирит наблюдался в сростках с халькозином и самородным золотом.

Самородное золото встречается в основном в виде включений в пирите, реже в жильных минералах — карбонате и кварце.

Максимальное количество включений золота (до 2–3 десятков) приурочено к краям метакристаллов пирита и к наиболее дислоцированным, разбитым многочисленными трещинками участкам. Размер выделений золота колеблется от тысячных долей до 0,3–0,4 мм. Форма выделений преимущественно овальная (сглаженные плохообразованные кристаллы), реже прожилковидная и гемиидиоморфная. В некоторых включениях золото находится в сростках с халькопиритом, халькозином и борнитом.

Золото на рудопоявлении Тэлаиз имеет мелкий и средний размер. Крупные его выделения (классы +4 мм) встречаются редко. Присутствует микроскопическое золото (–0,1 мм).

Пробность золота высокая, вариации ее незначительные. Преобладает исключительно высокопробное золото (970–995); лишь в отдельных образцах его пробность ниже (925–950). По данным пробирного анализа средняя пробность 970 и 986, по данным локального микроспектрального анализа — 952–972 (средняя 958) (табл. 2).

## 2. Химический состав золота рудопоявления Тэлаиз по данным локального микрорентгеноспектрального анализа, мас. %

Номера зерен	Au	Ag	Cu	Pt	Hg
1	95,20	4,36	0,1	—	—
2	95,82	4,01	0,08	—	—
3	95,24	4,00	0,1	—	0,1
4	96,07	3,84	0,1	—	—
5	95,72	3,75	0,1	0,02	—
6	95,43	3,74	0,08	—	0,1
7	96,10	3,64	0,03	—	—
8	95,95	3,88	0,07	—	—
9	97,24	2,84	0,06	0,11	—
10	95,74	3,68	0,07	—	—

Количественным спектральным анализом в золоте установлено присутствие (мас. %) примеси Cu 0,03–0,1 и Hg 0,1, а микрорентгеноспектральным — Pt 0,02–0,1.

Формы выделений золота неправильные: трещинно-прожилковые (пластинчатые, простые и сложные каркасные); интерстициальные (изогнутые пленочные, ячеистые); цементационные (губчатые, реже комковидные); гемиидиоморфные (сложные каркасы с фрагментами искаженных кристаллов). Встречаются сростки кристаллов (часто цепочковидные), кристаллы (нередко скелетные) и их фрагменты. Кристаллы округленные и плоскогранные представлены октаэдрами, тетраэдрами, ромбоэдрами, редко кубами, а также комбинациями этих форм (рис. 7). Поверхность золота ячеистая, иногда зеркально-гладкая.

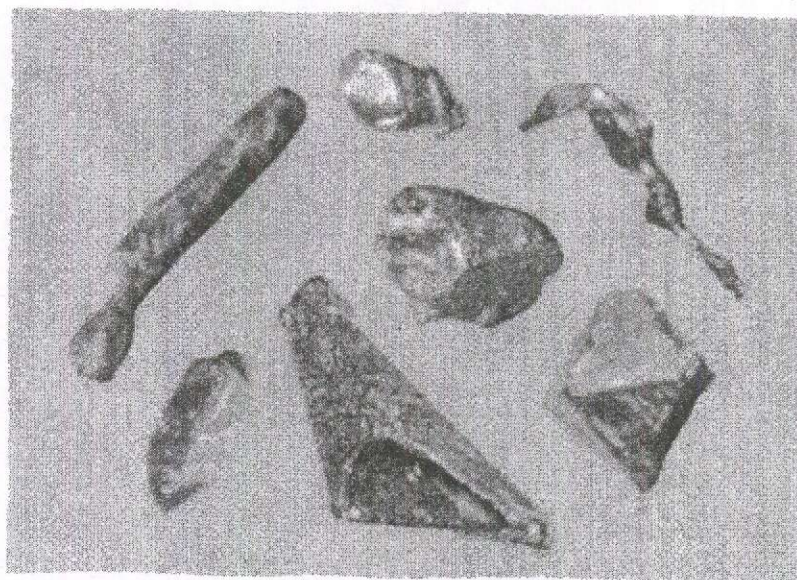


Рис. 7. Кристаллы и их сростки полногранные и скелетные, рудопоявление Тэлаиз, ув. 9



Для всех форм, особенно кристаллических, типичны ступенчатые скульптуры роста. Эти скульптуры проявлены на гранях, располагаясь параллельно кристаллографическим направлениям (ребрам октаэдров, ромбоэдров). В округленных индивидах ступени роста также округлены и повторяют очертания ребер. В цепочковидных сростках, на удлиненных (палочко- и проволоковидных) кристаллах и их фрагментах такие ступени образуют «сталактитовую» скульптуру (рис. 8). Одним из отличительных признаков морфологии самородного золота является присутствие кристаллов с индукционными пирамидами, состоящими из серии концентрических ступеней различной конфигурации (см. рис. 8). У золота такие формы могут возникать в результате эпитаксии при ориентированной сокристаллизации с другими минералами кубической сингонии. В данном случае, судя по минералогическим данным, это могли быть пирит и галенит. Эпитаксические пирамидальные наросты иногда образуются и на пластинчатых золотилах. Отпечатки вихрицелей на палочковидной золотине могли возникнуть при выделении ее по контакту с рутилом.

Морфология частиц золота и присутствие, наряду с ямчатыми и ячеистыми поверхностями, ровных и зеркально-гладких указывает на кристаллизацию золота в различной минеральной среде — трещинах дробления жильных (кварца, карбоната, слюд) и рудных минералов в интерстициях минеральных зерен разной конфигурации, редко — в пустотах выщелачивания. Округленность граней и

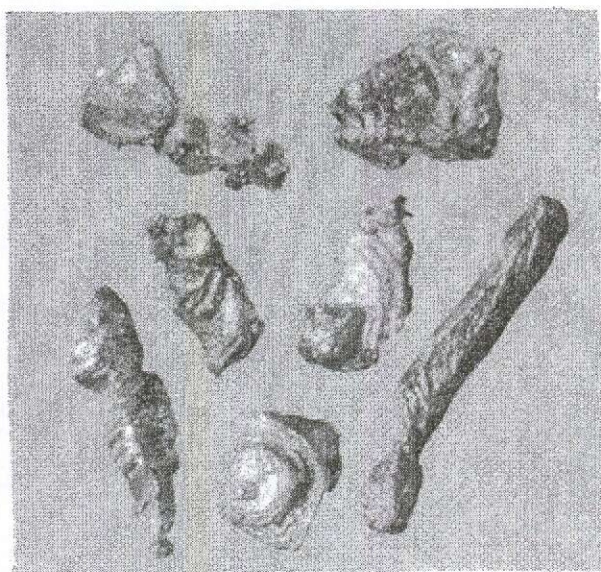


Рис. 8. Сростки кристаллов со ступенчатыми и «сталактитовыми» скульптурами роста и эпитаксическими пирамидами нарастания, рудопроявление Тэлаиз, ув. 9

ступенчатых скульптур роста свидетельствует о значительной роли метасоматического замещения других минералов.

Таким образом, золото участка Тэлаиз отличается от золота других участков своеобразием форм выделений (наличием хорошо выраженных гранных форм со ступенчатыми скульптурами роста), устойчиво высокой пробностью (средняя 986) и ассоциациями с медистыми минералами.

Сопоставление особенностей самородного золота различных участков рудного поля показывает, что многие признаки золота участков Пальникшор, Правобережный, Безымянный и месторождения Сосновое близки или идентичны. Для всех участков характерно преобладание частиц классов  $-0,25+0,1$  мм; вместе с тем на участке Пальникшор встречен мелкий самородок (16 мм), на месторождении Сосновое — выделения размером 12 мм, а ранее в россыпи описаны мелкие самородки (до 17 мм). Золото средних и крупных размеров (классы +4 и +1 мм) также наблюдалось на участке Безымянный.

Пробность золота перечисленных участков весьма близка. Средние ее значения по данным локального микрорентгеноспектрального анализа (67 определений) варьируют от 886 (Безымянный) до 906 (Пальникшор), на месторождении Сосновое — 892 (см. табл. 1). Однако на участке Безымянный отмечаются наибольшие вариации пробности золота, присутствие кюстелита и самородного серебра.

В качестве постоянных элементов-примесей количественным микроспектральным анализом установлены Cu и Hg, спорадически — Bi (Пальникшор), Pb (Сосновое). По данным локального микрорентгеноспектрального анализа на всех участках в золоте присутствует Pt.

Золотины имеют неправильную (трещинно-прожилковая, цементационная, интерстициальная) и правильную формы. Преобладают сростки кристаллов при подчиненном значении кристаллических индивидов.

Удлиненные формы сростков и индивидов, округленность последних, особенно в сростках, расположение ступенчатых скульптур роста свидетельствуют о метасоматическом их генезисе. Значительная часть правильных форм образовалась в узких каналах, выполненных легко замещаемыми минералами — часто раздробленным пиритом. Преобладающая часть золота выполняла трещины дробления.

По комплексу признаков золота и его ассоциациям на рассматриваемых участках выделяются четыре генерации золота. Их взаимоотношения поз-



воляют установить последовательность формирования золотой минерализации в пределах изучаемого рудного поля.

Наиболее раннее золото Au I (920–930) отмечается в основном в виде мелких зерен в меланократовых сланцах и кварцевых жилах месторождения Сосновое. Более позднее золото Au II (880–910) золото-пирит-кварцевой ассоциации и Au III (860–870) золото-полисульфидно-кварцевой ассоциации присутствует на всех участках. Наиболее поздним является низкопробное золото Au IV (<740), присутствующее совместно с кюстелитом и самородным серебром и широко распространенное на участке Безымянный.

Внутреннее строение золота Au I гомогенное, Au II — преимущественно монозернистое, неяснозернистое, пятнисто-неоднородное, Au III — часто неяснозональное, Au IV — зональное. Встречаются сростки Au IV и Au III с Au II и включения золота Au I в пятнисто-неоднородном золоте Au II и Au III. Диффузионные зоны, обедненные серебром, проявлены преимущественно у Au II и Au III.

Золото участка Тэлаиз отличается от золота рудопроявлений других участков. Для него характерны кристаллические формы, нередко скелетные, ступенчатые эпитактические нарастания, скульптуры индукционного пирамидального роста. Эти признаки указывают на специфические условия минералообразования, в значительной степени обусловленные неоднородностью вмещающей среды и влиянием метасоматоза, проявляющегося в многократном переотложении золота.

Устойчиво высокая пробность золота, повышенные концентрации в нем примеси меди, наличие сростаний с медистыми минералами свидетельствуют о несколько отличных условиях формирования руд участка Тэлаиз.

В целом для самородного золота Халмерьинского рудного поля выявлен комплекс признаков (размеры, вариации пробности, наличие примесей, внутреннее строение выделений и их морфология), по которому можно судить о формировании золотой минерализации. Наиболее полно она проявлена на площади месторождения Сосновое, участках Пальникшор, Правобережный, Безымянный и представлена минерализованными зонами, состоящими из кварцевых жил, прожилкового окварцевания, метасоматитов с умеренно сульфидной минерализацией (пирит, галенит, халькопирит, блеклая руда). Судя по особенностям золота (значительные вариации пробности с преобладанием значений 880–910, наличие примесей As, Cu, Hg, Bi, Pb и Pt, пятнисто-неоднородное, неяснозернистое и неяснозональное строение), оруденение этого типа сформировалось в условиях средних глубин и может быть отнесено к золото-сульфидно-кварцевой формации [1, 4]. Некоторые отличительные черты, присущие участку Тэлаиз, позволяют предположительно относить его к меднопорфировому типу, проявленному в надынтрузивной зоне [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России* / Л.А. Николаева, А.М. Гаврилов, А.Н. Некрасова и др. — М.: ЦНИГРИ, 2003.
2. *Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Мина О.В.* Меднопорфировые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. — М.: ЦНИГРИ, 2001.
3. *Остроумова Н.П., Матвеева Е.В., Кондратьев А.В., Шиятый И.Н.* Золоторудное месторождение Сосновое Халмерьинского рудного поля, восточный склон Приполярного Урала // Руды и металлы. 2005. № 3. С. 33–39.
4. *Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ* / Л.А. Николаева, А.М. Гаврилов, А.Н. Некрасова и др. — М.: ЦНИГРИ, 2003.



УДК 553.462 (470.56)

© С.В.Воробьева, 2005

## О МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

С.В.Воробьева (Оренбургский государственный университет)

*Молибденсодержащие сульфидные руды Восточного Оренбуржья подразделены на грейзеновый и штокверковые медно-порфировый и молибден-порфировый типы.*

Рассматриваемый район приурочен к Восточно-Уральскому глыбово-складчатому поясу, примыкающему к Северным Мугоджарам. Участки проявлений молибденсодержащих сульфидных руд тяготеют к глыбовым выступам гранитизированных пород, сопровождаемых полями мигматизации и гранитоидных инъекций, а также выходами щелочных гранитов, которые закономерно подчинены крупным субмеридиональным тектоническим зонам. Регенерированные насыщенные щелочными компонентами гранитоидные интрузии размещаются в пределах узких тектонических зон сдвигового типа, ориентированных в северо-восточном направлении. Выходы гранитизированных пород сопровождаются контролируемыми крупными сбросо-сдвигами локальные асимметричные горст-антиклинальные поднятия, возникшие в результате оживления протвулканических сооружений. Одна из таких структур обнажена в районе пос. Верхний Киембаи.

В архивных материалах имеются сведения, что в районе пос. Верхний Киембаи находился древний Чудский карьер, где добывалась медь. Накануне первой мировой войны туда приезжал некто Цюрюпа Тихон и просил у общества права на разработку 10 десятин земли и проезда к древнему карьеру, перекрытому мощным слоем наносов. Начавшаяся война помешала проведению горнодобычных работ. В годы советской власти Чудский карьер привлек внимание геологов. В нем были найдены бронзовые кольца, горшок с остатками расплавленной руды, каменный диоритовый молоток, а на левом берегу р. Киембаи, в сухом логоу, обнаружены отвалы измельченной руды. Осенью 1937 г. Волжский геологический трест начал в этом районе поисковые работы, продолжавшиеся до 1952 г. Их осуществляли геологи И.Л.Рудницкий и В.Л.Малютин (1938), С.К.Нечитайло (1939), Д.М.Корулин (1940), А.А.Орлов и Б.С.Бирюков (1941), В.И.Скрипиля (1952). Позднее поисково-разведочные работы продолжались силами Оренбургского геологического

производственного объединения. Так было открыто Еленовское медно-молибденовое месторождение. Разрозненные материалы прошлых работ позволяют уточнить геологическую позицию участка этого месторождения и определить генетические типы молибденсодержащих руд, выявленных в Восточном Оренбуржье.

По отчетным данным В.И.Скрипиля, Еленовский участок приурочен к синклиальной впадине, заполненной силурийскими и девонскими туфо-эффузивными и каменноугольными осадочными породами, смятыми в складки. Месторождение локализовано в восточном крыле асимметричной горст-антиклинальной структуры северо-восточного простирания (азимут 25–30°); ее крыло сложено толщей порфиритов с прослоями туфов альбитофиров. Осевая часть рудолокализирующей структуры разорвана, а ее западное крыло опущено.

На Еленовской площади разведочными работами выявлена крупная сбросо-сдвиговая зона северо-восточного направления с амплитудой вертикального перемещения в несколько километров. Эту зону неоднократно подсекали буровые скважины, пройденные к востоку и юго-востоку от Чудского карьера. В процессе разведочных работ установлены две крутонаклонные плитообразные рудные залежи, падающие на юго-восток. По простиранию и падению залежи расщеплялись на отдельные апофизы и резко выклинивались. Рудоносная зона прослежена на глубину до 140 м буровыми скважинами и на расстояние около 190 м по поверхности.

В районе пос. Верхний Киембаи широко развиты выходы пород основного и ультраосновного составов, прорывающие древнюю метаморфическую толщу. Наиболее крупный Киембаиский ультраосновной массив располагается в Еленовском синклинии, в пределах которого сочленяются региональные тектонические зоны субмеридионального и субширотного направлений. Массив прор-



ван интрузиями диоритов и гранодиоритов. Породы разбиты на блоки диаклазовыми трещинами, ориентированными в северо-восточном направлении (азимут 35–40°). Диаклазовым трещинам, которые свидетельствуют о сильных физико-механических напряжениях, вызванных термальным влиянием глубинных расплавов, подчинены зоны зеленокаменных передробленных сланцеватых пород, пронизанных гипабиссальными гранитоидными интрузиями магнитогорского интрузивного комплекса. Тектонические блоки массива иногда имеют вид эруптивных брекчий.

Магнитогорский комплекс представлен диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами, плагиогранитами, сиенито-диоритами, граносиенитами. К наиболее поздним относятся разности, переходящие в сиениты. Интрузии магнитогорского комплекса приурочены к субмеридиональным внутриразломным зонам и образуют крутопадающие штокообразные тела сечением до 15×6 км. Интрузии внедрились в раннем карбоне и подверглись метасоматическим преобразованиям. Возраст проб полевошпатовой фракции этих пород определен аргоновым методом в 289 млн. лет (здесь и далее абсолютный возраст указан по материалам геолого-съёмочных работ).

На Еленовской площади в зоне крупного сдвигового нарушения не все жильные породы подчинены диаклазовым трещинам. Переориентировка жильных пород отмечается в крупной тектонической сдвиговой зоне, составляющей острый угол (до 55°) с генеральным направлением трещин отдельности. Тектоническая сдвиговая зона шириной около 500 м и длиной до 2 км рельефно выделяется на фоне задернованной мелкосопочной местности, в виде гривок, скалистых выходов и крупных глыбовых эрозионных обнажений. Генеральное падение зоны юго-восточное под углом 75–90°. Скалистые выступы и глыбовые развалы фиксируют ядро крупного орогенного поднятия, связанного с внутриразломной зоной. Поднятие существовало до конца палеозоя, а затем было эродировано до уровня гипабиссальной зоны. Вся площадь рудоносного участка покрыта обломками окварцованных и турмалинизированных жильных пород.

Интрузии диоритов и гранодиоритов внедрились в дислоцированную гнейсовую толщу: среди скалистых массивов диоритов и гранодиоритов, которые занимают всю правобережную часть р. Кимбай, как следует из отчетных материалов, прослеживаются отдельные пятна сильно раздробленных пестроцветных пород с реликтами гранитной

структуры. Полевые шпаты в них почти полностью разложены и превращены в тонкочешуйчатый агрегат соссюрита, серицита, хлорита, а кварцевые зерна раздроблены и в отдельных случаях сильно оплавлены. Встречаются разорванные на блоки кварцевые жилы, смещенные сбросо-сдвиговыми нарушениями. В гранодиоритах есть участки плотных свежих гранитных пород с порфировыми вкраплениями (идиобластами. — С.В.) альбита с вростками эпидота и хлорита. Акцессорные минералы представлены магнетитом, лейкоксеном, сфеном, цирконом.

В участках альбитизированных гранитоидов локализованы рудоносные кварц-турмалиновые породы с медно-молибденовой сульфидной минерализацией. Альбитизация сопровождалась выносом из пород железа, магния, алюминия щелочей и развитием кремниевого метасоматоза с накоплением сульфидов. Рудоносные кварц-турмалиновые породы обычно сосредоточены среди зеленокаменных передробленных и рассланцованных пород, занимавших субмеридиональные межблоковые швы в диорит-гранодиоритном массиве. На Еленовском участке межблоковые швы имеют северо-восточное направление.

В межблоковых внутриразломных зонах картировались кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты, интенсивно каолинизированные и лимонитизированные жильные образования, плотные бурые железняки, жильные тела, что указывает на сбросовые перемещения и оседание верхних частей основания протовулканической рудолокализирующей структуры при внедрении гранитоидных интрузий.

Рельефно выделяющаяся зона Еленовской площади отличается максимальным развитием жильных пород. Наиболее протяженные и мощные среди них — субмеридиональные тела плагиопорфиров. Кварцевые альбитофиры образуют маломощные тела. Встречаются также турмалинизированные порфиры и малхиты.

*Плагиопорфиры* — светлые плотные с раковистым изломом породы со сферолитовой или микропегматитовой основной массой, содержат фенокристаллы альбита с пойкилитовыми вростками эпидота, хлорита и кварца, реже ортоклаза и биотита.

*Кварцевые альбитофиры* — темные породы с порфировыми вкраплениями альбита; основная масса представлена разросшимися кристаллами кварца, содержащими включения щелочного полевого шпата, а на отдельных участках — крупными микролитами альбита. В основной массе различа-



ются иглы апатита, скопления хлорита, эпидота, серицита, биотита.

*Малхиты* — темные землистые в изломе породы из микролитов плагиоклаза кислого состава, насыщены эпидотом, хлоритом, апатитом, встречаются ортоклаз, кварц, лейкоксен.

*Турмалинизированные порфиры* — плотные темные с черноватым оттенком, иногда пестроцветные породы. Насыщены сферическими скоплениями турмалина и содержат медно-молибденовую сульфидную минерализацию.

По минеральному составу в ходе разведочных работ на Еленовской площади были выделены различные петрографические разновидности оруденелых пород: плотные ороговикованные, насыщенные кварцем и турмалином; турмалиновые, сложенные шерлом; интенсивно турмалинизированные порфириты, туфы и альбитофиры.

Рудные тела представлены сложными полиминеральными агрегатами тесно сросшихся рудных и жильных минералов. Главные рудные минералы — халькопирит, пирит и молибденит, второстепенные — галенит, гематит, сфалерит, магнетит, ильменит, халькозин, ковеллин, борнит, лимонит, самородное золото и серебро, жильные — турмалин, рутил, кварц, плагиоклаз, серицит, биотит, хлорит, эпидот, кальцит, лейкоксен, апатит, сфен.

По данным разведочных работ рудоносные кварц-турмалиновые породы пространственно тесно переплетены с кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами, причем в последних имеются blastoporphiroвые выделения альбита, замещаемого серицитом. Метасоматические породы содержат катаклазированные зерна пирита, сросшиеся со стельчатый кварцем. Зоны кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов расланцованы и насыщены кальцитом и кварцем. Сульфидная руда связана с кварц-турмалиновыми жильными породами и содержит, кроме меди и молибдена, золото и серебро (в промышленных концентрациях), а также большое количество других элементов-примесей — W, Sn, V, Ga, B, Ni, Zr, Ba, As, Sb, Ce, Rb, Yb.

*Концентрации меди* появляются в непосредственной близости от тектонически разлинзованных тел турмалинизированных кварцевых альбитофириров и плагиопорфириров, в которых имеются значительные скопления сульфидов. Содержание Cu в кварц-турмалиновых породах достигало 11,78% и более, а Mo — до 0,44%. В турмалинизированных порфиритах и альбитофирах содержания Cu и Mo соответственно 3,8 и 0,07%, а в нетурмалинизированных — 1,15 и 0,009%. Это указывает на то, что

концентрация меди и молибдена повышалась по мере развития силификации пород.

Южнее Еленовской площади обнажаются древние глубокометаморфизованные породы, собранные в крутые складки, запрокинутые на восток. Ядро горст-антиклинального поднятия представлено сателлитом более крупной орогенной структуры, в радиусе влияния которой размещаются и другие рудоносные участки с выходами турмалинизированных пород.

Диорит-гранодиоритовый массив, по-видимому, представляет собой основание активизированной вулканической структуры. В пермско-каменноугольный период плутонически регенерированные породы внедрились в толщу среднепалеозойских и верхнепалеозойских вулканогенных и осадочных морских образований в связи с новым оживлением глубинных тектонических межблоковых швов. Эти породы подверглись влиянию пневматолитических, кислотных, а затем гранитизирующих высокотемпературных щелочных растворов и глубинных гранитных расплавов. Полевощпатовая фракция диоритовых пород датирована аргоновым методом в 289 млн. лет. В триасе — начале ранней юры внедрились гранитные батолиты, оживились глубинные тектонические швы, отделяющие глыбы регенерированных пород, достигших состояния гранитов.

Среди регенерированных древних интрузий наиболее широко развиты аплитовидные граниты и гранит-порфиры, сопровождаемые пегматитовыми жильными образованиями. Аплитовидные граниты и жильные образования относят к адамовскому интрузивному комплексу, среди пород которого выделяются мусковитизированные лейкократовые граниты, слагающие самостоятельные штокообразные тела и дайки. Это светло-серые породы с голубоватым, зеленоватым и розоватым оттенками, неравномерно-зернистые, реже порфиридные с вкрапленниками полевого шпата. Породы пересыщены глиноземом и щелочами, причем натрия преобладает над калием. На отдельных участках лейкократовые граниты катаклазированы. Возраст мусковита из жильных образований оценивается в 230–240 млн. лет.

*Аплитовидные граниты* — светло-серые с голубоватым, зеленоватым и розоватым оттенками неравномерно-зернистые, реже порфиридные породы. Микроклиновые разности, отличающиеся наличием порфиробластов биотита, развиты на участках проявления локального прогрессивного метаморфизма. Выходы микроклиновых гранитов сопровождают жильные пояса «пегматитовых гра-



нитов», по контактам которых и располагаются пегматитовые жилы. Находки гранитов и пегматитов встречаются в турнейских конгломератах. Пегматитовые жилы пересекают зоны грейзенизированных гнейсов и не несут никаких следов молибденовой минерализации. Пегматитовые жилы образованы гигантозернистым мусковит-кварц-альбитовым агрегатом; мощность их крайне изменчива (от первых сантиметров до 15 м). Возраст пегматитовых жил по полевым шпатам около 270 млн. лет. Обычно эти жилы сопутствуют микроклиновым порфиридовидным гранитам, которые содержат порфиробласты биотита и появляются в зонах локального прогрессивного метаморфизма. Жилы окаймлены кварц-мусковитовыми оторочками с кристаллами берилла и флюорита. Иногда их контактовые зоны представлены глинистой массой со скоплениями гидроксидов железа. Спектральным анализом в пегматитовых жилах определены Cu (до 0,01%), Pb (до 0,005%), Nb (до 0,01%), а также Be, Zr, V. В искусственных шлихах из их протолок содержится монацит (до 10 г/т).

Порфиридовидным биотитсодержащим микроклиновым гранитам предшествуют дайки пегматитовых гранитов, которые содержат ксенолиты плагиогранитов и подвержены грейзенизации и окварцеванию.

Молибденовое оруденение штокверкового типа выявлено поисково-разведочными работами в 50–60-е годы в зонах дробления аплитовидных гранитов, аплитовых и гранит-порфирировых тел, подвергшихся окварцеванию и турмалинизации. В таких зонах сульфидные концентрации составляют от 5 до 30% объема раздробленных тел (содержание Cu до 0,08%, Zn до 1%, Pb до 0,02%, Mo до 0,008%). Сульфидному оруденению сопутствуют концентрации Be, Ta, Nb, U и Th.

Концентрации молибдена сопутствуют древним, регенерированным в процессе гранитизации, жильным образованиям. Можно выделить следующие породы, вмещающие молибденовую минерализацию.

1. Жилы стекловатого кварца, прорывающие биотит-мусковитовые сланцы и сопутствующие аплитовидным гранитам. В их состав, кроме кварца, входят полевой шпат, мусковит, шеелит, рутил, флюорит, молибденит, висмутин, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит. В грейзеновых оторочках вокруг жил присутствуют турмалин, молибденит, пирит, висмутин, сфалерит, галенит, гематит. С поверхности жилы стекловатого кварца распознаются по развалам жильного кварца со скоплениями жел-

товато-бурых и коричнево-бурых охр.

2. Коричневатые слюдястые (айдырлинские) сланцы, пронизанные вольфрамсодержащими золотоносными кварцевыми жилами. В кварцевых жилах и коричневатых сланцах содержатся соответственно Mo 0,008 и 0,02%, Bi 0,05 и 0,008%, Be 0,02 и 0,004%. Максимальное содержание висмута сосредоточено в бурых железняках, образовавшихся за счет пиритизированных коричневатых сланцев. Коричневатые слюдястые сланцы особенно широко развиты в районе Айдырлинских золото-вольфрамовых месторождений. Н.Тихонович (1905), исследовавший район Айдырлинских золотых приисков, писал в отчетных материалах: коричневатые сланцы «переходят в гнейсы» и «перемежаются с лейкократовыми гранитами», «представляют собой остаток древней горной возвышенности»; «частью сланцы покрывают лейкократовые граниты и являются ложем для девонских осадков». Н.Г.Кассин, изучавший район Северных Мугоджар, расположенный южнее, отмечал, что «обломки слюдяных сланцев, гранито-гнейсов и катаклазированных микроклин-пертитовых гранитов встречаются в виде галек в протерозойской терригенной толще Мугоджарских гор».

3. Кварц-полевошпатовые жильные тела среди грейзенизированных гнейсов. Тела имеют неправильную форму, длину до нескольких десятков метров, мощность до 10 м в раздувах и до 0,2 м в пережимах. Падение их пологое и крутое, подчинено направлению гнейсоватости вмещающих пород, простирание в основном северо-западное. Контакты жильных тел с грейзенизированными гнейсами нечеткие и извилистые. Тела образованы кварц-альбитовым, реже кварц-микроклиновым агрегатом, содержат обычно крупнолистоватый мусковит, флюорит, берилл, топаз, розовый плагиоклаз. Протяженность жильных тел по падению достигает десятков метров. Встречаются полосчатые жильные тела, в которых агрегаты среднечешуйчатого молибденита окаймляет серый жильный кварц, насыщенный тонкодисперсным молибденитом. Для кварц-полевошпатовых тел характерны концентрации пирита, висмутина, халькопирита, гематита, магнетита. В жильных телах с пегматоидными сростками альбита и серого кварца полосчатость обусловлена перемежающимися тонкими полосами альбита и альбит-кварца. Серый кварц оторочен чешуйчатым молибденитом. Участками полосчатые жильные тела сильно брекчированы, в них развивается поздний дымчатый кварц. Зоны грейзенизированных гнейсов, вмещающие указанные жильные тела, имеют



мощность до 300 м и подчинены субмеридиональным тектоническим зонам. Мощность грейзеновых тел изменяется от 0,2–0,5 до 1 м. Грейзены выходят на эрозионный срез. Кварц-мусковитовые грейзены содержат густые скопления мелкочешуйчатого молибденита, который, развиваясь по трещинам, как бы распылен между кварцем и мусковитом. Мусковитовые участки также иногда обогащены чешуйчатым молибденитом, который образует прерывистые прожилки. Обычно скопления молибдена связаны с зональными жильными телами, выдержанными по падению и простираению. Центральные части таких тел сложены линзами кварца, вблизи которых обычно развиты мусковитовые скопления. В зонах дробленых и рассланцованных грейзенизированных пород развита сеть кварц-халькопирит-молибденитовых жилок. Молибденит содержит примеси урана и тория. В зонах рассланцевания развиты линейные коры выветривания.

4. Кварцевые жилы, пересекающие грейзенизированные зоны северо-западного направления. Встречаются в массивах, где развиты аляскинты. Сложены светло-серым трещиноватым кварцем и содержат мелкие зерна молибденита и висмутина. Кроме рудных минералов, в них встречаются арсенопирит, турмалин, магнетит, ильменит, пирит, сфен, слюда, ставролит, роговая обманка.

5. Сиенит-аплиты, подчиненные субмеридиональным тектоническим зонам. Картируются линейно вытянутые тела зернистых сиенит-аплитов, прорывающих гранитогнейсы. Они состоят в основном из калишпата, альбита, мусковита и кварца. Калишпат является наиболее поздним минералом и вытесняет кварц и альбит, его содержание достигает 90%. Сиенит-аплиты содержат лишь рассеянную бедную вкрапленность молибденита. Это говорит о том, что нарастание калиевого метасоматоза способствовало прекращению накопления молибдена в жильных телах.

Приведенные факты свидетельствуют о многоэтапном формировании молибденитовых руд. Руководствуясь материалами опубликованных работ по геологии и классификации молибденовых месторождений, среди них можно выделить различные генетические типы. Прежде всего, это грейзеновые и порфировые руды. Последние можно отнести к штокверковым молибден-порфировым и медно-порфировым молибденсодержащим (руды Еленовской площади). Все эти руды объединяет единый длительный процесс рудообразования, что подтверждают общая направленность метасоматических процессов, близкий состав рудных и жильных ми-

нералов. В целом сульфидные молибденсодержащие руды Восточного Оренбуржья можно отнести к порфировому типу.

Наибольший практический интерес среди молибденовых руд выявленных типов представляют штокверковые. Эти руды обычно сопровождаются промышленными концентрациями меди, золота и серебра. Типичными примерами служат месторождения Казахстанско-Монгольского рудного пояса, который объединяет месторождения Центрального Казахстана, Южного Тянь-Шаня, юга Красноярского края, Хакасии, Тувы, Монголии. Обычно такие месторождения развиты в районах сложных по составу гранитных батолитов.

Медно-молибденовые и молибденовые месторождения порфирового типа закономерно приурочены к зонам многократно активизированных глубинных протяженных разломов, отраженных в линейных разрывных и складчатых структурах обрамления сложных по составу батолитов. Концентрации молибдена повышены в месторождениях, связанных к континентальными кратонами. Штокверковые молибденовые порфировые руды ассоциируют со щелочными гранитами. Детальное описание процессов, сопровождающих накопление порфировых руд, приводится в работах американских исследователей — С.Кеслера [11], С.Нея, В.Холлистера и др. Порфировые месторождения изучены А.И.Кривцовым [8], И.Г.Павловой, В.Т.Покаловым [6, 10], В.А.Перваго [5], М.П.Исаенко [3].

Для формирования порфировых месторождений характерны длительность и многократность проявления орогенных, магматических и вулканических процессов. На заключительном мезокайнозойском этапе орогенных процессов происходило внедрение малоглубинных плутонических тел, которые могут быть оруденелыми или безрудными. Порфировые руды обычно пространственно сочетаются с рудными образованиями других генетических типов (колчеданными, альбититовыми, грейзеновыми, скарновыми, кварцево-жильными), что указывает на длительность рудогенерирующего процесса. Избирательный, полный (проникающий) и прожилковый характер метасоматического замещения и минерализации зависит от степени проницаемости пород рудо локализирующей структуры и движения рудоносных растворов. Метасоматическое замещение происходит сначала по проникаемым каналам (флюидопроводящим порфировым телам), затем сменяется избирательным и проникающим (полным) преобразованием трещиноватых и пористых прогретых пород, попавших в сферу тер-



мальной системы. Характерен калиевый метасоматоз, сопровождающийся выщелачиванием кальция и натрия из алюмосиликатных изверженных пород, служивших флюидопроводниками, и новообразованиями ортоклаза, биотита и кварца с попутными альбитом, серицитом, апатитом. При этом формируются рудные минералы — магнетит, халькопирит, пирит, борнит. На ранней стадии развития рудогенерирующей системы избирательное замещение выражается в превращении роговой обманки или амфибола во вторичный биотит, а затем биотита в хлорит. Характерной стадией является кислотное выщелачивание, которое приводит к развитию мусковитоподобных минералов и кварца, выносу натрия, кальция и магния и филлитизации.

Характерный признак месторождений порфирирового типа — зональное размещение продуктов пневматолито-гидротермальных изменений и металлов от центра флюидопроводящей интрузии, представленной монцонитами (аплитами), или от контактовых зон малоглубинной интрузии с вмещающими породами. Нередка связь порфирировых руд с жильными телами. Порой месторождения порфирирового типа локализируются в дислоцированных и метасоматически измененных вулканогенных породах, пересеченных роями даек, связанных с порфирировым телом на глубине. Ранее образованные рудоносные жильные тела, попавшие в сферу термальной системы, обедняются рудными компонентами, которые перераспределяются в прилегающих дислоцированных породах, а вокруг жил образуются оторочки со скоплениями нетипичных ассоциаций жильных и рудных минералов.

Промышленные перспективы месторождений порфирирового типа определяются большой протяженностью (километры) рудоносных структур на глубину и развитием вкрапленной и прожилковой минерализации в окружающих породах на больших расстояниях от флюидопроводящей интрузии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Генезис рудных месторождений*. Т. 1. — М.: Мир, 1984.
2. *Геология СССР*. Т. XIII. — М.: Недра, 1966.
3. *Мовсеян С.А., Исаенко М.П.* Комплексные медно-порфирировые месторождения. — М.: Недра, 1974.
4. *Основы научного прогноза медно-молибденовых месторождений в зонах вулканических порфирировых интрузий*. — М.: СЭВ, 1971.
5. *Перваго В.А.* Геология и экономика медно-порфирировых месторождений. — М.: Недра, 1974.
6. *Покалов В.Т.* Генетические типы и поисковые критерии эндогенных месторождений молибдена. — М.: Недра, 1972.
7. *Сергиевский В.М.* Молибден // *Геология СССР*. Т. XII. Ч. II. М.-Л., 1947. С. 812–817.
8. *Система «прогноз–поиски–оценка» для месторождений цветных металлов* / А.И.Кривцов, А.Г.Волчков, И.Ф.Мигачев и др. // *Советская геология*. 1985. № 11. С. 14–19.
9. *Старостин В.И., Игнатов П.А.* Альбититовые и грейзеновые месторождения // *Геология полезных ископаемых*. М., 1997. С. 116–121.
10. *Хрущов Н.А., Покалов В.Т.* Некоторые закономерности размещения месторождений молибдена в связи с другими полезными ископаемыми // *Докл. XXI МКГ*. Генетические проблемы руд. М., 1960. С. 108–117.
11. *Kesler S.E.* Copper molybdenum and gold abundance in porphyry copper deposits // *Econ. Geol.* 1973. Vol. 68. P. 106–112.





## ГЕНЕРАЦИЯ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В СИНТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ АЛМАЗА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ РТ-ПАРАМЕТРОВ

**А.И.Чепуров, В.М.Сонин, И.И.Федоров (ИМП СО РАН), А.А.Чепуров (ООО «Новогема»), Е.И.Жимулев (ИМП СО РАН)**

*Исследовано воздействие высоких температуры и давления (1800–2500°C, 7,0–7,7 ГПа) на металлические включения в синтетических кристаллах алмаза. Установлено, что в результате такого воздействия происходит хрупкое разрушение алмаза на включениях размером более 0,1 мкм. Образующиеся при этом трещины заполняются материалом включения. На фронте распространения трещины появляются двухфазные флюид-металлические микровключения. Обнаруженные микровключения, вероятно, представляют собой пузырьки сжатия, заполненные низкоплотным газом, выделившимся из металлического расплава при залечивании трещин в алмазе при высоких РТ-параметрах.*

Известно, что кристаллы синтетического алмаза часто содержат включения посторонних фаз, которые они захватывают при росте [8]. Наиболее часто включения представлены твердым раствором углерода в металле, в присутствии которого синтезированы алмазы [13, 14]. В настоящее время широко используется высокотемпературный отжиг алмазов при высоком давлении для воздействия на их физические свойства с целью изменения и улучшения качества кристаллов [3, 9, 10, 12]. Наличие включений влияет на данный процесс. Посторонние примеси, в частности, в виде включений резко снижают прочность алмазов, особенно при нагревании [1, 7]. Но поведение собственно металлических включений при отжиге алмазов изучено недостаточно.

Ранее нами было проведено исследование по трансформации включений металла в синтетических алмазах при обработке в условиях высоких РТ-параметров. Было показано, что включения меняют форму, приобретают огранку, а также способны мигрировать в объеме кристаллов, находящихся в термоградиентных условиях [15]. В настоящем сообщении приводятся данные по поведению относительно крупных металлических включений (более 0,1 мкм) в синтетических алмазах, нагревание кото-

рых приводит к хрупкому разрушению алмаза.

Экспериментальная часть работы соответствовала методике, примененной в работе [15]. Выращивание кристаллов алмаза проводили на заправку в Fe-Ni-C системе на многопуансонном аппарате высокого давления типа «разрезная сфера» при 5,0–6,0 ГПа, 1400–1500°C в течение 48–100 часов. Алмазы представляли собой кристаллы кубооктаэдрического и октаэдрического габитуса, желтого цвета, массой 0,5–1,0 карат. Детали технологии выращивания кристаллов алмаза приведены в монографии [5].

Синтетические кристаллы распиливали параллельно плоскости (001) на три части: верхнюю, центральную и нижнюю, примыкающую к заправке. Наиболее дефектной частью кристаллов является призаправочная область. Поэтому в экспериментах по обработке высокими давлением и температурой использовали только нижние заправочные части кристаллов алмаза, содержавшие крупные металлические включения. Включения по химическому составу соответствовали Fe-Ni сплаву (~70 wt. % Ni) [15]. Перед опытами алмазные пластинки запрессовывали в порошок MgO и сушили при 120°C для удаления влаги.



Эксперименты проведены при  $P$  7,0–7,7(±0,5) ГПа и  $T$  1800–2500(±50)°С, длительностью 15 мин в ячейке высокого давления, изготовленной на основе тугоплавких оксидов (ZrO<sub>2</sub>, MgO, CaO). Давление определяли по калибровочной кривой, построенной при комнатной температуре по фазовым переходам в реперных веществах Bi и PbSe. Температуру оценивали по калибровочной кривой, выражающей зависимость мощности тока на нагревателе от показаний PtRh30/6-термопары, экстраполированной в область высоких температур по плавлению благородных металлов Pt, Rh, Ir. Конструктивная схема ячейки высокого давления приведена в работе [15]. Скорость подъема давления в опытах соответствовала 0,1 ГПа/мин, а температуры — 50 град/мин; скорость снижения давления — 0,1 ГПа/мин, охлаждение проводили закалкой (300 град/мин).

После опытов алмазы изучали с помощью оптических микроскопов МБС-10 и МБИ-15. Спектры поглощения в УФ-видимой и ближней ИК-области кристаллов алмаза получены А.П.Елисеевым на автоматизированной установке, собранной на базе дифракционного монохроматора МДР-2 и укомплектованной набором необходимых источников и приемников излучения.

Условия и результаты экспериментов суммированы в таблице. Спектры поглощения кристаллов алмаза после воздействия высоких давления и температуры приведены на рис. 1. Данные спектры типичны для никельсодержащих, богатых азотом синтетических алмазов [9]. В таких кристаллах в результате отжига при температурах порядка 2000°С и более образуются сложные никель-азотные комплексы. Проявление широкой абсорбционной полосы с пиком около 450 нм и тонкой структурой между 460–480 нм (см. рис. 1) обусловлено влиянием никель-азотных комплексов NE1, NE2, NE3. Пик 793,6 нм связывают с NE8-комплексом [9].

Обнаружено, что в отличие от относительно мелких включений металла (порядка 0,01 мм и ме-

нее), которые переограняются и мигрируют в объеме кристаллов алмаза при наличии градиента температуры [15], более крупные включения (размером 0,1 мм и более) в условиях экспериментов раскрываются. В результате в кристаллах алмаза появляются трещины, отходящие от металлических включений. Трещины, возникающие от очень крупных включений, достигают поверхности кристаллов. Вокруг более мелких включений (~0,1 мм) образуется розетка трещин, не доходящих до граней кристаллов алмаза (рис. 2).

При раскрытии включений трещины заполняются материалом включения неравномерно. Непосредственно вблизи включения трещины заполняются металлическим расплавом полностью и становятся непрозрачными. По мере удаления от включения в трещинах обнаруживаются лишь отдельные микровключения, вытянутые в основном параллельно фронту заполнения трещины (рис. 3). На самом фронте находятся наиболее мелкие микровключения (рис. 4, а). Интерес представляет то, что эти микровключения являются двухфазными. Часть объема данных вакуолей заполнена одним или двумя непрозрачными обособлениями металла. Но остальной объем микровключений выполнен прозрачной изотропной фазой, которая является, по-видимому, флюидом.

В некоторых случаях нами наблюдалось интересное явление, когда фронт указанных микровключений визуально опережает распространение трещины (см. рис. 4, б). Их размер не превышает 1–3 мкм. Форма округлая. Все микровключения двухфазные: они заполнены бесцветным прозрачным веществом с черной точкой непрозрачной фазы.

Причина растрескивания кристаллов алмаза по металлическим включениям — разница в коэффициентах термического расширения алмаза и металла. Этот процесс особенно должен усиливаться при достижении температуры плавления материала

Условия и результаты экспериментов

Номер опыта	$P$ , ГПа	$T$ , °С	Изменение кристаллов алмаза
5-31	7,0	1800	Ослабление желтой окраски кристаллов искусственного алмаза
5-33	7,0	2000	Изменение цвета с желтого на слабо-зеленоватый, появление трещин вокруг включений металла
5-34	7,0	2200	Изменение цвета с желтого на зеленый, появление трещин вокруг включений металла и в объеме кристаллов
5-35	7,0	2300	Изменение цвета с желтого на зеленый, растрескивание кристаллов на блоки
5-36	7,7	2400	То же
5-37	7,7	2500	Появление черного цвета, деструкция кристаллов в мелкий порошок вследствие объемной графитизации



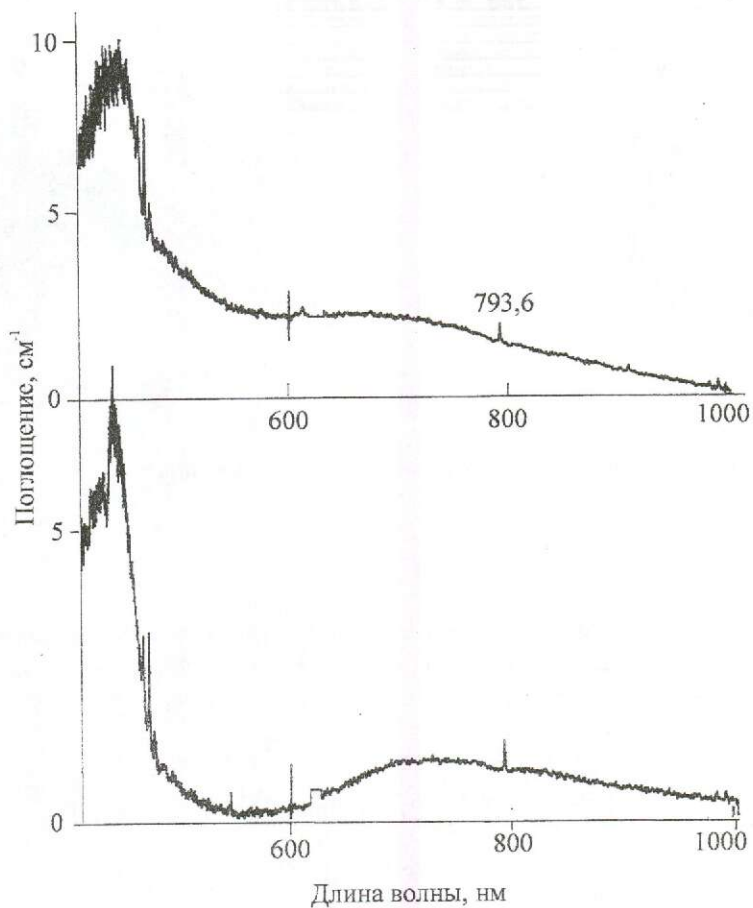


Рис. 1. Спектры поглощения кристаллов алмаза после воздействия высоких давления и температуры

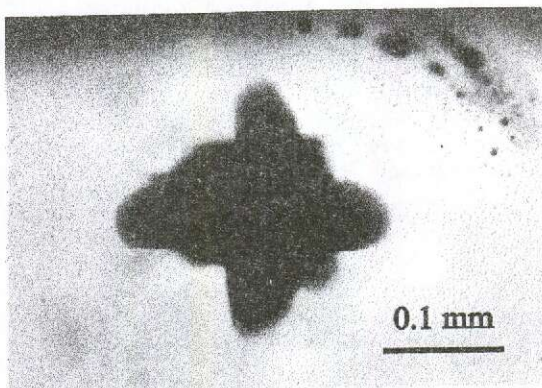


Рис. 2. Розетка трещин вокруг включения металла

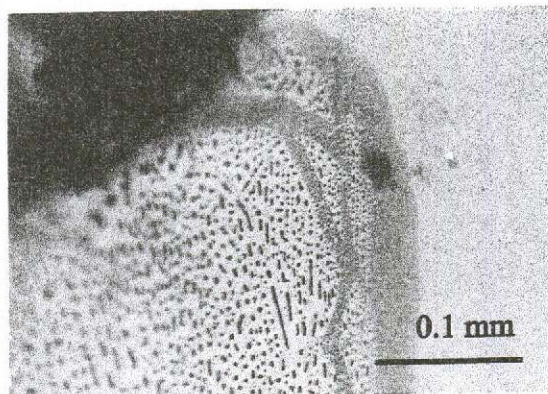


Рис. 3. Трещина с многочисленными микровключениями



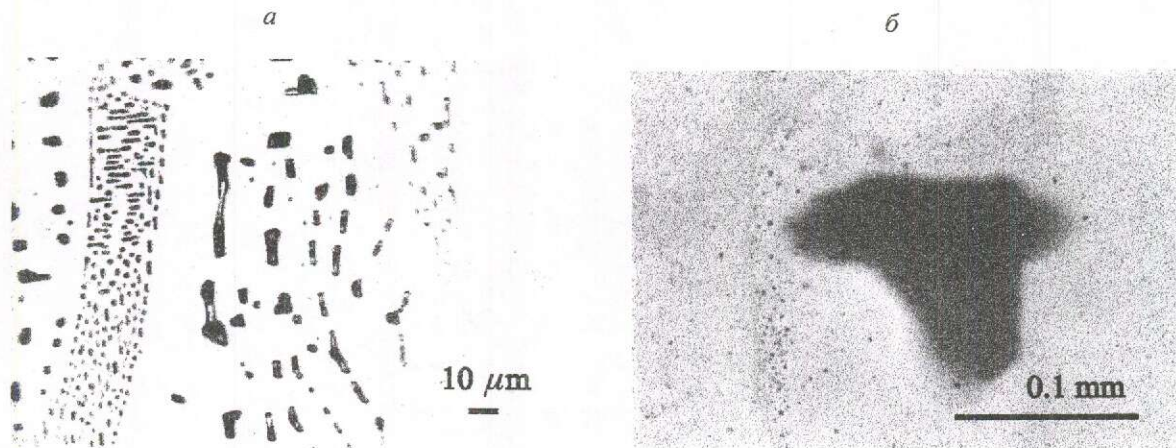


Рис. 4. Двухфазные микровключения на фронте распространения трещины:

а, б.— пояснения в тексте

включения. По-видимому, пороговым размером включения в данном процессе для *РТ*-параметров экспериментов является величина порядка 0,1 мм. Поскольку включения по составу отвечают металлу, в присутствии которого были выращены кристаллы алмаза, он неизбежно содержал незначительное количество растворенных газов [6]. Флюид более подвижен по сравнению с металлическим расплавом. Поэтому флюидные микровключения появляются на фронте хрупкого разрушения алмаза. После снятия напряжения в кристалле в условиях *РТ*-параметров области термодинамической стабильности алмаза образовавшиеся трещины могут залечиваться. В таком случае вышеуказанные микровключения остаются отделенными от основного включения. Таким образом, обнаруженные микровключения, вероятно, представляют собой пузырьки сжатия, заполненные низкоплотным газом, выделившимся из металлического расплава при залечивании трещин в алмазе при высоких *РТ*-параметрах.

Возможно, именно подобный механизм появления флюидных включений имел место в природных алмазах, в которых они обнаружены в залеченных трещинках, не выходящих на поверхность кристаллов [2, 4]. Следует подчеркнуть, что исследованные в указанных статьях природные алмазы содержали большое количество твердых включений. Естественно, алмазы могут растрескиваться не только на включениях металла, но и на других, содержащих природное вещество [11].

Авторы благодарят А.П.Елисеева за содействие в изучении кристаллов алмаза. Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содей-

ствия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Старт» (проект № 4900).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин Г.А., Мальнев В.И., Невструев Г.Ф. Влияние включений на прочность синтетических алмазов при высоких температурах // Сверхтвердые материалы. 1984. № 2. С. 33–37.
2. Летучие компоненты в верхней мантии (по данным изучения флюидных включений) / А.А.Томиленко, А.И.Чепуров, Ю.Н.Пальянов и др. // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. С. 276–285.
3. Природные и синтетические алмазы / Г.Б.Бокий, Г.Н.Безруков, Ю.А.Клюев и др. — М.: Наука, 1986.
4. Флюидные включения в природных алмазах из россыпей Якутии / А.И.Чепуров, А.А.Томиленко, А.П.Шебанян и др. // Докл. РАН. 1994. Т. 336. С. 662–665.
5. Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М. Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования. — Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1997.
6. Экспериментальное изучение захвата летучих примесей алмазами при их кристаллизации / И.И.Федоров, Д.Г.Багрянцев, А.А.Чепуров и др. // Геохимия. 1998. Т. 36. № 4. С. 416–421.
7. Anthony T.R. Inclusions in diamonds with solubility changes and phase transformations // Diamond Relat. Mater. 1999. Vol. 8. P. 78–88.
8. Bovenkerk H.P. Morphology and physical characteristics of synthetic diamond // Amer. Mineral. 1961. Vol. 46. № 7–8. P. 952–963.
9. Effect of HPHT annealing on the photoluminescence of synthetic diamonds grown in the Fe-Ni-C system / A.Yeliseyev, S.Lawson, I.Slidos et al. // Diamond Relat. Mater. 2003. Vol. 12. P. 2147–2168.
10. Chrenko R.M., Tuft R.E., Strong H.M. Transformation of the state of nitrogen in diamond // Nature. 1977. Vol. 270. P. 141–144.



11. *Harris J.W., Vance E.R.* Induced graphitization around crystalline inclusions in diamond // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1972. Vol. 35. P. 227–234.
12. *Kanda H.* Recent studies in NIRIM on impurity – modified diamond made by high – pressure and CVD methods // *SHTM-2001 Intern. Conf. Kiev.* 2001. P. 6–7.
13. *Kanda H., Fukunaga O.* Growth of large diamond crystals // *High Pressure Research Geophysics.* Tokyo, 1982. P. 525–535.
14. *Lonsdale K., Milledge H.J., Nave E.* X-ray studies of synthetic diamonds // *Mineral. Mag.* 1959. Vol. 32. № 246. P. 185–201.
15. *The change of Fe-Ni alloy inclusions in synthetic diamond crystals due to annealing / A.A.Chepurov, J.M.Dereppe, I.I.Fedorov et al.* // *Diamond Relat. Mater.* 2000. Vol. 9. P. 1374–1379.



# ДИСКУССИИ

УДК 553.411 (571.6)

© А.И.Калинин, 2005

## ЗОЛОТО ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛЫМЫ

**А.И.Калинин (Северо-Восточный филиал ЦНИГРИ)**

*На основе структурных взаимосвязей коренной и россыпной золотоносности Центрально-Колымского региона рассматриваются особенности золотороссыпных провинций и возможность выявления в них крупных золоторудных месторождений.*

Центрально-Колымский регион, часто называемый Главным золотоносным поясом Северо-Востока России, принадлежит к одним из богатейших в мире. Здесь на площади около 130 тыс. км<sup>2</sup> за период 1930–2000 гг. добыто 2650 т россыпного и 120 т коренного золота. Этот старейший горнорудный район Магаданской области, вытянутый в северо-западном направлении на 550 км при ширине до 200 км, сложен углеродисто-терригенными толщами Верхоянского комплекса и приурочен к структурам Иньяли-Дебинского мегасинклиория и Аян-Юряхского антиклиория. Вдоль простираения золотоносного пояса размещаются гранитные батолиты мезозойского возраста.

Территория Центральной Колымы геологически хорошо изучена и детально опоскована на россыпи. За время работ пройдены беспрецедентные по объему геологоразведочные выработки: шурфов — 5,1 млн. м, скважин ударно-канатного бурения — 13,5 млн. м, траншей — 5 млн. м<sup>3</sup>. Золотодобывающими предприятиями перерабатывались громадные массы песков и торфов. Так, в 1988 г. переработано 300 млн. м<sup>3</sup> горной массы. Качество песков со временем постоянно ухудшалось: на весь объем добытого золота его среднее содержание в песках составило 2 г/м<sup>3</sup>, а в прогнозных ресурсах оно предполагается на уровне 0,7–0,8 г/м<sup>3</sup>. Таким образом, есть все основания считать россыпи Центрально-Колымского региона практически отработанными. Незначительные запасы техногенных россыпей, глубоководные россыпи, остающиеся запасы для дражной отработки, возможные единичные открытия новых месторождений не способны изменить общей картины. Добыча россыпного золота, преи-

мущественно малыми формами, во все убывающих количествах, однако, еще будет продолжаться некоторое время.

Яно-Колымскую металлогеническую провинцию в целом и Центральную Колыму, в частности, относят к эталонным золотороссыпным, утверждая тем самым, что эндогенное оруденение имеет здесь резко подчиненное значение. На примере данного хорошо изученного региона на большом и достоверном фактическом материале можно еще раз рассмотреть старую проблему соотношения масштабов россыпной и коренной золотоносности, а также их структурных взаимосвязей.

Прежние взгляды сводятся к следующему. С.Д.Шер сформулировал свою точку зрения еще в 1965 г. [4]. Он полагал, что на земном шаре существуют только золотороссыпные или только золоторудные провинции и не бывает смешанных. Россыпи, по его мнению, формируются за счет бедных и весьма бедных месторождений или даже за счет рассеянной минерализации. Позднее это положение было развито В.П.Полевановым, который, основываясь на анализе запасов добытого золота из руд и россыпей в пределах всего мира, также отрицал существование смешанных рудно-россыпных провинций [2].

Рудные месторождения золото-кварцевой формации Центрально-Колымского региона к настоящему времени изучены достаточно полно. Выявлено около полутора сотен месторождений, разведанных с различной степенью детальности. Из них Наталкинское и Чай-Юрюинское, принадлежащие к группе большеобъемных, — крупные; есть по запасам и несколько средних. Преобладают мелкие и



очень мелкие месторождения. Эксплуатация коренных месторождений началась одновременно с россыпями. Добыча проводилась на 24 объектах, давших в сумме 120 т, из которых 90 т приходится на Наталкинское месторождение (по состоянию на 2000 г.).

Для дальнейших рассуждений вычислим предполагаемые потенциалы россыпной и коренной золотоносности по схеме добыча+запасы+ресурсы. Для россыпей эта величина составит 2930 т, а для коренных месторождений — 2720 т. Полученные цифры близки между собой, однако потребительская стоимость указанных количеств золота совершенно различная. Даже при благоприятной мировой конъюнктуре большая часть ресурсов коренного золота Центральной Колымы не может быть востребована. Они имеют низкую конкурентоспособность, обусловленную рассредоточением по десяткам мелких месторождений, суровыми климатическими условиями, отсутствием соответствующей инфраструктуры и рабочей силы. Поэтому проблема соотношения масштабов россыпной и коренной золотоносности Центральной Колымы не столько геологическая, сколько экономическая, что, видимо, справедливо для любой золотоносной провинции мира. И с этой точки зрения Центральная Колыма — несомненно, золотороссыпной регион.

По мнению большинства исследователей, только 10% (в среднем) золота эродируемых месторождений накапливается в россыпях, а остальное — рассеивается [2, 5]. Тогда следует признать, что большая часть коренного золота Центральной Колымы эродирована. Понятно, что и в любой другой золотороссыпной провинции, если следовать указанной логике, рудного золота изначально окажется в 10 раз больше, чем россыпного. Однако в пользу такого предположения нет никаких геологических аргументов. По всей видимости, в россыпи поступает значительно больше золота, чем 10% его коренных запасов.

Проблема коренных источников колымских россыпей обсуждается уже давно. В этой связи Н.А.Шило ввел в геологию россыпей понятие о россыпеобразующих золоторудных формациях. Главнейшей такой формацией для Центральной Колымы является золото-кварцевая, месторождения которой относятся к различным структурным и морфологическим типам. Основными особенностями месторождений этой формации, чрезвычайно важными для формирования россыпей, как известно, являются невысокая насыщенность руд сульфидами (менее 1%), крупные размеры выделений зо-

лота и его высокая проба [2]. Фракции размером более 0,1 мм составляют 80–90%.

Большая часть россыпей Центрально-Колымского региона, общее число которых превышает 1500, не может быть связана с конкретными коренными источниками на современном эрозионном срезе. Наряду с этим, существуют и такие, которые без труда сопоставляются с коренными источниками. Всегда вызывал повышенный интерес вопрос об источниках крупнейших колымских россыпей: Чай-Юрюинской, Малоатуряхской, Челбаньинской, Штурмовской, Мальдякской, Чек-Чекинской и др. В плотиках первых двух специально проходились протяженные подземные горные выработки, позволившие установить крупное месторождение бедных руд под Чай-Юрюинской россыпью и практически отсутствие оруденения под Малоатуряхской. В плотиках Челбаньинской и Мальдякской россыпей коренное оруденение обнаружено в процессе их отработки. Наиболее изучено золотое оруденение в плотике Омчакской россыпи, где разведывалось месторождение, представленное линейными штокверками в осадочных породах и минерализованными дайками. Оруденение вскрыто четырьмя подземными горизонтами выработок; запасы составляют 51 т при среднем содержании Au 3 г/т.

По нашему мнению, источниками колымских россыпей были (в порядке значимости) оруденелые дайки (и их системы), жильные золотоносные образования и линейные штокверки в осадочных породах. Другие структурно-морфологические типы золотоносных образований играют подчиненную роль.

Дайковые образования Центральной Колымы в основном кислого и среднего составов различны по возрасту и слагают протяженные рой и свиты, простирающиеся вдоль главных складчатых структур. В зонах влияния рудоконтролирующих разломов на дайки накладываются золотоносные кварцевые прожилки разнообразной ориентировки, чем и определяется их рудоносность.

Оруденелые дайки чрезвычайно широко развиты в пределах золотоносных узлов и зон. Нередко они встречаются вместе с жилами, жильными зонами, линейными штокверками в одних и тех же рудных полях, но часто залегают изолированно от других рудоносных образований. Рудоносные дайки установлены в 43 рудных полях, где они разведывались с применением поверхностных и подземных горных выработок. Наилучшие результаты получены на двух месторождениях: Утинском (добыто



9,9 т при содержании 8,5 г/т) и Штурмовском (добыто 192 кг при содержании 10 г/т). Всего разведано 110 даек общей длиной 110 км. В результате установлено, что среднее содержание золота в целом на дайку составляет 1 г/т, средняя мощность которой 8,2 м, средняя длина 1000 м. Полученные средние параметры вполне правомерно применять для оценки рудоносности слабо изученных тел.

Расчет возможного количества золота, поступившего в рыхлые отложения при эрозии даек, может выглядеть следующим образом. Число рудоносных даек в Центрально-Колымском регионе принимается равным 1000, величина их эрозионного среза — 350 м. Используя упомянутые средние параметры даек и проделав несложные вычисления, получим 7500 т.

Очевидно, что к полученной цифре нужно применить понижающий коэффициент 0,5, отражающий неравномерность эрозии дайкового тела — на водоразделах она меньше, в долинах вдвое больше. Следовательно, максимально возможное количество золота, поступающего из оруденелых даек в россыпи, составит около 3700 т. Часть этого количества золота, представленного тонкими фракциями, в сростках с другими минералами и с жильной породой, будет рассеяна. Поэтому принимаем, что в россыпи попадает лишь 20–30% Au [3, 5], т.е. 750–1100 т. Даже такой сугубо ориентировочный подсчет показывает, что около одной трети россыпного золота Центральной Колымы может иметь своим источником оруденелые дайки.

Группа коренных источников, представленная жильными образованиями, объединяет как немногочисленные месторождения с крупными жилами длиной от сотен метров до первых километров (Игуменовское, Светлое, Токичан и др.), так и весьма большое количество мелких жил и прожилков, образующих мелкие месторождения, рудопроявления и точки минерализации. Длина золотоносных жил мелких месторождений обычно составляет 10–20 м, их протяженность по вертикали первые десятки метров. Распределение оруденения столбовое, гнездовое. Рудопроявления и точки золотой минерализации характеризуются еще более мелкими по размерам рудоносными жилами и прожилками, но число их достигает, вероятно, нескольких тысяч.

Господствующий структурный тип золотоносных жильных образований Центрально-Колымского района — седловидные и послойные тела [1], нередко группирующиеся в пакеты. Характерны наклонное (до отвесного) погружение шарниров седловидных залежей и их обычная сопряженность с

секущими фрагментами. Именно системы мелких, но очень богатых седловидных и послойных жил участвуют в питании крупных россыпей — Штурмовской, Челбаньинской, Мальдякской.

По-видимому, жильные образования в формировании колымских россыпей играют роль, сопоставимую с ролью рудоносных даек. Следует отметить важную для россыпеобразования особенность. Жилы в целом имеют значительно меньшие линейные размеры, чем минерализованные дайки и штокверки.

Линейные золотоносные штокверки в осадочных породах, аналогичные развитым на Наталкинском месторождении, также важно учитывать при оценке россыпей. Размер формируемых россыпей определяется масштабом коренных источников данной группы. Так, длина системы линейных штокверков Наталкинского рудного поля составляет 5 км, Верхнехакчанского — 3 км.

Проблема соотношения россыпной и коренной золотоносности помимо количественных аспектов включает и ряд других. В первую очередь, это пространственные, структурные и геоморфологические взаимосвязи россыпей с коренными источниками. Важны также характер эндогенного оруденения (сосредоточенное или рассеянное), концентрация золота в рудах и, наконец, форма и размеры коренного источника.

Наиболее благоприятный вариант для формирования россыпей — это когда речная долина заложена по рудовмещающему разлому. В этом случае оруденение может быть представлено как протяженными золотоносными телами, так и мелкими разноориентированными жилами, залегающими в породах плотика. Самым показательным примером россыпи с источником линейного типа в основании является Чай-Юрюинская, крупнейшая в Центрально-Колымском регионе, приуроченная непосредственно к зоне одноименного регионального разлома — главного металлогенического элемента территории. Под днищем долины подземным сечением выявлены серия оруденелых даек кислого состава, получившая название «свита даек Шахтная», отдельные мелкие жилы и прожилки. Мощность минерализованной полосы составляет 1100 м, содержание золота на указанную мощность — 1,37 г/т. В зоне выделяется обогащенная часть шириной 20 м, прослеженная на 200 м. Среднее содержание золота в данной полосе 4,14 г/т. Общая длина минерализованной зоны 5 км, длина самой россыпи более 20 км. Не исключено, что в ее плотике залегают еще аналогичные коренные источники.



Данная россыпь, к настоящему времени отработанная, отличалась феноменальными богатством и запасами. Из нее добыто свыше 200 т Au. Наиболее высокие результаты получены в 1940 г. (добыча 19,6 т со средним содержанием Au 31,8 г/м<sup>3</sup>) и 1941 г. (добыча 22,4 т, среднее содержание Au 22,6 г/м<sup>3</sup>). В отдельных точках россыпи содержания доходили до 5 кг/м<sup>3</sup>. Уникальность Чай-Юрюинской россыпи предопределяется, таким образом, двумя главными причинами: масштабностью линейного коренного источника и приуроченностью к нему речной долины. Такие же пространственно-структурные соотношения россыпей и коренных источников наблюдаются и в других местах, однако масштабы золотого оруденения там значительно слабее и, следовательно, россыпи меньше и беднее (например, Омчакская). Известны случаи, когда золотоносные долины развиваются в участках локальных минерализованных разрывных нарушений, местами — сдвиговых систем.

Гораздо чаще в плотиках россыпей встречаются не продольные линейные коренные источники, а мелкие, с различной ориентировкой жилы, структурно сопряженные с золотоносными рудными телами на склонах долины и окружающих водоразделах. Таковы основные рудные тела Челбаньинского золото-кварцевого месторождения (бассейн р. Берелех), локализованные в плотике одноименной россыпи, давшей около 30 т металла. Это небольшие крутопадающие жилы малой мощности. Наиболее продуктивная из них, залегающая в дайке кварцевых порфиров и сланцах, имеет длину 50 м, среднюю мощность 0,5 м. Жила отработана на глубину 25 м. Из нее получено 300 кг золота при среднем содержании 163 г/т. Все жилы с золотом, известные в днище этой долины, концентрируются в полосе близмеридионального простираения шириной 100–120 м и длиной 1200 м. Большая часть россыпных запасов (20 т) располагалась непосредственно над жилами плотика. Это самое богатое жильное оруденение, выявленное вообще в основании россыпи. В большинстве же колымских россыпей в плотиках обнаруживаются лишь отдельные разрозненные жилы и прожилки; систематическое опробование по ним не проводилось, но ясно, что только за счет их размыва россыпи возникнуть не могли.

В тектоногенных золотоносных долинах коренные источники нередко располагаются в их изгибах, а также в участках пересечений с поперечными разломами или золотоносными водотоками других направлений. Именно такая структурная пози-

ция свойственна Чай-Юрюинскому, Мальдякскому, Челбаньинскому, Холоднинскому и другим месторождениям Центральной Колымы.

Целесообразно различать россыпи с сосредоточенным и рассеянным характером питания. К первым, помимо случаев с коренными источниками в плотиках, следует относить также россыпи, которые начинаются непосредственно от выходящих на поверхность рудных тел, располагающихся на водоразделе. Такие россыпи могут иметь различную ориентировку и даже пересекаться.

Рассеянное питание россыпей происходит за счет многочисленных мелких источников, одни из которых эродированы, другие залегают на склонах долин, водоразделах, а также и в днищах долин. В таких случаях велика роль бедных золотоносных образований. За их счет сформировано большинство россыпей региона. И наоборот, сосредоточенное и богатое оруденение породило лишь небольшую часть россыпей. Это как раз те объекты, связь которых с коренными источниками несомненна.

Большинство россыпей и их коренных источников локализируются в данном регионе в основном среди нижнеюрских отложений, отличающихся от других частей разреза Верхоянского комплекса преобладанием глинистых сланцев аспидной формации с повышенным содержанием углеродистого вещества и сингенетичных сульфидов. При тектонических деформациях столь вязкой толщи редко формируются крупные выдержанные разрывы, а господствующее развитие приобретают мелкие, невыдержанные складки и дизъюнктивы, вплоть до структур волочения и пластического течения. Именно эти мелкие структуры, являясь рудовмещающими, обусловили широкое рассеяние золотого оруденения в пространстве и формирование множества мелких и мельчайших коренных источников. Возникновение единичных крупных рудовмещающих элементов — скорее, исключение, а не правило. Свообразными петрофизическими аномалиями в 12-километровой толще Верхоянского комплекса выступают дайки хрупких изверженных пород, представляющие собой в данных условиях идеальные локализаторы трещин, вместившие затем золотоносные прожилки. Иногда вдоль залывбандов даек размещаются протяженные золотоносные жилы, местами имеющие промышленное значение (месторождения Юглер, Дегдекан и др.).

С миогеосинклинальными терригенными толщами связаны и все другие золотороссыпные провинции мира. Поэтому и в их пределах действует аналогичный механизм рассеяния оруденения.



Следовательно, одно из основных условий формирования золотороссыпных провинций — развитие пластичных углеродисто-терригенных толщ, рудовмещающих и рудогенерирующих, морфогенез в пределах которых предопределяет рассредоточение золотой минерализации в пространстве. Формируется множество мелких рудных проявлений, которые служат главными источниками россыпей. Крупные коренные месторождения в силу тех же структурных особенностей возникают редко.

В золоторудных провинциях, сложенных хрупкими комплексами пород — гнейсами, кристаллическими сланцами, глубокометаморфизованными вулканогенно-осадочными образованиями, главная масса эндогенного оруденения концентрируется в коренных месторождениях, опять-таки именно потому, что развитые в их пределах хруп-

кие породы способствуют возникновению крупных выдержанных рудовмещающих структур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин А.И. Структуры месторождений золота и серебра Северо-Востока России // Отечественная геология. 1992. № 9. С. 21–29.
2. Полеванов В.П. Крупные золотороссыпные провинции и их роль в мировой золотодобыче. — М.: ВИЭМС, 1990.
3. Синюгина Е.Я., Воларович Г.П., Яблокова С.В. О связи аллювиальных россыпей золота с коренными источниками // Тр. ЦНИГРИ. 1967. Вып. 76. С. 170–188.
4. Шер С.Д. О соотношении масштабов коренной и россыпной золотоносности в различных золотоносных провинциях земного шара // Советская геология. 1965. № 3. С. 43–57.
5. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. — М.: Наука, 1981.

УДК 553.411

© А.И.Образцов, 2005

## О КРИТЕРИЯХ И МЕТОДАХ ПОИСКА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.И.Образцов (Тульский государственный университет)

На вопросы «где искать» месторождение или, наоборот, «почему оно локализовано в данной структуре» можно получить десятки разных ответов. Так, библиография догадок и гипотез относительно условий образования и локализации месторождения Мурунтау насчитывает 56 предложений, 39 из них опубликованы [4]. Немногим проще и с другими месторождениями, например уникальным золото-урановым Витватерсранд [2].

В чем причина такого феномена, не имеющего аналогов в других науках, особенно физико-математического направления? Полагаю, как в сложности предмета изучения, с одной стороны, так и в субъективных особенностях психологии исследователя, с другой. Чрезмерная вера в свою идею ослепляет, тогда не видят ничего другого, не замечают или игнорируют противоречия и ограничения. Истина же находится только с учетом всех ограничений, она просто «упакована» в них. Без поиска и преодоления противоречий любая идея — простая догадка, беззащитная перед объективной научной критикой и безжалостной практикой.

Субъективный подход в геологии, как науки преимущественно описательной, проявляется на всех уровнях. В результате мы имеем теории и гипотезы, подтверждаемые на практике лишь случайным образом. Ссылки на сложность не могут нас оправдывать, у физиков и биологов объекты не менее сложные. Спасение — в самокритичности, сомнениях в собственной правоте, постоянном обращении к практике и готовности изменить свою гипотезу или отрешиться от привычных стереотипов. Постоянными переходами от гипотез к пробам и ошибкам, внесением поправок автор занимается более сорока лет.

Полученные выводы основаны на личном опыте изучения и разработки золоторудных месторождений разных вещественно-генетических типов, которые включают жильные кварцевые (Советское, Аяхтинское, Чадак, Школьное, Мурунтау и др.), жильные колчеданные (Тереккан, Акджилга, Амантайтау и др.), кварц-сульфидные (Кочбулак, Кокпатас, Аристантау, Мужеевское и др.), медно-порфировые (Алмалыкская группа), сульфидно-метасо-



матические типа Карлин (пиритизированные сланцы в кровле джаспероидов месторождения Терексай), окварцованные катаклазиты и зоны трещиноватости (Тереккан, Мурунтау и др.), контактово-метасоматические обычно с наложенным золотом (Курутегерек, Бозымчак и др.), вторичные руды в коре выветривания (Аджибугут, Кокпатас, проявления на Мурунтау), разнообразные россыпные месторождения Киргизии, Енисейского края и техногенные месторождения.

По литературным данным и контактам с исследователями автор знаком со всеми крупными и средними золоторудными месторождениями, концепциями их образования. При знакомстве с материалами обнаружилась некая статистическая мера субъективности. По детальным описаниям месторождений у геологов, постоянно имеющих дело с природой и готовых у нее учиться [2, 5 и др.], можно составить сравнительно обоснованное представление о генезисе и рудоконтролирующих структурах. В описаниях специалистов с «устоявшимися» взглядами и готовыми схемами классификации, еще до встречи с месторождением, искать что-либо объективное практически бесполезно.

Особенно поучительны по стереотипности подхода широко употребляемые понятия «рудная кварцевая жила», противопоставляемая «нерудной», да и само генетически не определяемое понятие «кварцевая жила». Почему так мало коллег принимает во внимание и делает выводы из распределения золота в так называемых рудных жилах? Оно гнездовое, линейно-гнездовое, столбообразное с большими или огромными полностью незолотосодержащими участками. Это возможно только в случае вторичного наложенного характера золота. Если читатель сомневается, пусть представит себе картину распределения золота при синхронном осаждении с кварцем из идеального, одинакового по составу раствора. Наложный характер золота внутренне ощущает, судя по действиям, любой проходчик, старатель. За полной аргументацией отсылаем к работе [13] и статье А.И.Образцова «Локализация золота в рудах, пространственно-временные и генетические аспекты» в сборнике докладов научно-технической конференции (Ташкент, 1998). К аналогичному выводу близко подошли, но, насколько известно, не озвучили его В.Ф.Барабанов (1974), В.А.Буряк (1982), В.В.Филонюк (1982).

Кварцевые жилы за исключением «альпийских», связываемых с деятельностью альпийских вод, обычно не разделяют на типы. Фактически их не менее трех: гидротермальные прямого осаждения из растворов (кварцевые, кварцево-сульфидные, кварц-турмалиновые и др.); гидротермально-метасоматические, обязанные реакциям замеще-

ния; дислокационные жилы выполнения, связанные с метаморфогенными флюидами. Они отличаются по источнику вещества, характеру и продолжительности образования. Жилы первых двух типов формируются постепенно, весьма длительное время, имеют «слоистое» строение в соответствии с последовательностью отложения; жилы третьего — формируются практически мгновенно при заполнении трещин концентрированным (до 146,5 кг SiO<sub>2</sub> в 1 м<sup>3</sup> раствора при температуре 400°C и давлении 2300 бар, P.Mogey, 1957) коллоидным раствором. Соответствующие этому примеру условия возникают при амфиболитовой и эклогитовой фациях метаморфизма.

Жилы всех типов одинаково перспективны на золото. Оно наложено на них по секущим трещинам, зонам фильтрации. Положение обогащенных участков и вариации содержания золота обусловлены интенсивностью развития наложенных трещин и количеством фильтровавшегося раствора. Преобладающий способ осаждения золота, как показано в работах [9, 13], — адсорбция на кварце и сульфидах.

Определение условий формирования месторождения, как всякое понимание сущности явления, имеет большое практическое значение, позволяет эффективно направлять поиски и разведку. К важнейшим условиям рудообразования относятся причины осаждения рудных компонентов. Знание их выводит геолога на оценку состава, источника и природы рудоносных растворов и, как следствие, — причины локализации оруденения в данной структуре. Поэтому определение фактора рудоотложения — ключевая задача для понимания геологии месторождения, направления поисков и разведки [9, 11]. Близкая аналогия — выяснение причины наступления смерти в криминалистике. В противном случае, поиск опирается лишь на более или менее обоснованные догадки.

Для золоторудных месторождений установлены [9, 11, 13] пять главных факторов рудоотложения: адсорбция на природных минеральных сорбентах; осаждение при нарушении равновесия в растворах вследствие резкого падения давления (и вторично — температуры); осаждение при реакциях замещения между растворами разного состава и происхождения; осаждение на геохимических барьерах; концентрация по гравитационному механизму для россыпей. Самые эффективные и распространенные минеральные адсорбенты, по мере убывания эффективности и емкости, — кварц, различные сульфиды, хлорит, адуляр, карбонаты. К ним относятся также эффективные, но редкие осадители — собственно выделения золота и некоторые формы углерода.



Ко второму фактору рудоотложения относят [6, 9] «колчеданную схему» осаждения руд, к третьему — контактово-метасоматическую в зонах смешивания трансмагматических и метеорных или метаморфогенных вод. Осаждение на геохимических барьерах (бурых железняках, бокситах, новообразованных сульфидах в зоне цементации) в чистом виде характерно для месторождений вторичного, переотложенного золота.

Возможен вклад в осаждение золота и некоторых других факторов рудоотложения, но существенной роли они не играют. Обычно формирование месторождений связано с одним, нередко двумя факторами. К полигенным относятся [13] месторождения Мурунтау (95% запасов связано с адсорбционной схемой осаждения и 5% — с колчеданной), Даугызтау (соответственно 25–30 и 75–70%), Кокпатаг (15 и 85%).

Классификация месторождений золота по факторам рудоотложения составлена с использованием описаний, приведенных в работах [1–5, 7, 8, 13–16].

1. Золото-кварцевые месторождения со свободным, наложенным золотом, осажденным на природных минеральных адсорбентах. Рудоносные гидротермы принадлежат к «метаморфогенным флюидам» с определенным участием ювенильных и метеорных вод. Источник флюида — первично обогащенные золотом осадочные и вулканогенные породы геосинклинальных толщ на стадии глубокого метаморфизма и гранитизации. Обычное место локализации месторождений — вмещающие породы в кровле и окрестностях гранитоидных батолитов.

Важнейшая особенность месторождений этого типа — осаждение свободного золота преимущественно на кварце, реже на других минералах — сульфидах, карбонатах, хлорите, адуляре. Распространение рудной минерализации по вертикали определяется и ограничено лишь контактом рудоносных гидротерм и минеральных сорбентов. Золото по отношению к жильному минералу вторично, наложено. Поэтому в жилах оно встречается локально, подчиняясь зонам разрывных деформаций и отдельным трещинам (Мурунтау, Колар, Балларат, Советское и др.).

2. В золото-колчеданных месторождениях золото тесно ассоциирует с сульфидами. Осаждение его происходит по колчеданной схеме в коллоидной форме вместе с сульфидами при резком падении давления в системе типа «черных курильщиков» [9]. Содержание сульфидов в рудах достигает 30%. Протяженность сульфидных и кварцево-сульфидных жил и прожилковых зон составляет многие сотни метров. Источники растворов — очаги основных магм на глубине. Причина отделения — дегазация и

дегидратация магмы. Место локализации — структурные ловушки вблизи региональных разрывов, формирующихся над всплывающими магматическими очагами (Тереккан, Амантайтау, Балеysкое, Хоумстейк, Крипл-Крик, Калгурли). К этому типу, по способу осаждения золота, относятся и многие скарновые месторождения. Минералы скарнов имеют контактово-метасоматическое происхождение, а золото в ассоциации с медью, висмутом и др. отложено позднее, наложено на них по колчеданной схеме или сорбировано (Куру-Тегерек в Киргизии, Никель-Плейт в Канаде, Воронцовское на Урале).

3. Золото-кварц-сульфидные месторождения с комбинированным осаждением золота по колчеданной и сорбционной схемам. Золото присутствует как в свободном состоянии, так и в ассоциации с сульфидами. Рудные тела с разными факторами отложения обычно разобщены в пространственном отношении и поэтому зональны. Источники растворов имеют двойственную природу. Это смешанные трансмагматические и метаморфогенные флюиды или растворы из очагов основных магм.

Структуры локализации месторождений отличаются большим разнообразием. Они встречаются как в «диффузор-ловушках» [9], характерных для колчеданного типа, так и в околловулканических разрывах. Часто гидротермы связаны с дегидратацией неглубоких магматических очагов диоритового состава [5]. На это указывает малое количество сульфидов в рудах и осаждение свободного золота.

По времени формирования эти месторождения относятся к посторогенным этапам развития геосинклиналей [2], к фазе малых интрузий. Пространственно они контролируются межгорными или предгорными впадинами-рифтами, или поперечными трансформными грабенами. Связь с вулканами, если она проявляется, не прямая, а структурная.

Месторождения обычно среднего и мелкого масштабов, сложного строения. Большинство из них имеют полигенное происхождение, хотя часто их классифицируют по одному фактору, определяющему максимум запасов» (Балей, Кочбулак, Голдфилд, Тереккан). На Терекканском золоторудном месторождении в Киргизии установлены руды трех типов — колчеданные жилы, золото-кварцевые катклазиты и сульфидно-метасоматические (пиритизированные сланцы) типа «карлин».

К рудам этого типа относятся и комплексные (с золотом) медно-порфиоровые, подобные алмалыкским в Узбекистане, а также руды многочисленных субвулканических месторождений, аналогичные Кремнице в Румынии. Часть золото-скарновых руд Олимпиадинского месторождения также принадлежит к этому типу.



4. Сульфидно-метасоматические месторождения так называемого «карлинского» типа отличаются весьма специфическими чертами: осаждением сульфидов в коллоидной форме вследствие взаимодействия горячих гидротерм с холодными трещинно-поровыми метеорными водами; преобладающей тесной связью золота с сульфидами; локализацией в межформационных зонах дробления, обеспечивающих поступление метеорных вод в область взаимодействия. Этим обусловлена тонкодисперсная форма включений золота в сульфидах, требующая особой технологии для извлечения при анализе и промышленной переработке руд.

Источники гидротерм — магматические очаги разного состава. Участки локализации — области смешивания вод, обычно в слабометаморфизованных породах с водоносными горизонтами. Примеры: месторождения Карлин, Голд Кворри, Гэтчел и др. Есть все основания относить к данному типу ряд золотопроявлений в Терексайском рудном поле (Киргизия), Окжетпес в Узбекистане [6, 13].

5. Вторичные месторождения золота в коре выветривания обязаны физико-химическому разрушению первичных руд и последующей концентрации золота во вторичные рудные тела. Концентрация может происходить одним из способов: сорбированием на бурых железняках; осаждением на геохимическом барьере в кровле горизонта грунтовых вод; накоплением при размыве коры и гравитационной концентрации в прибрежно-морских условиях. Примером первого способа осаждения является месторождение Майкайн в Приморье [4] с крупными запасами золота в «железной шляпе».

Переотложение золота в нижней части зоны окисления и зоне цементации имеет громадные масштабы и проявляется даже на золото-кварцевых месторождениях в условиях засушливого климата. На Мурунтау нами доказан и количественно оценен «перенос» золота до нескольких сотен тонн [13]. Еще более крупный масштаб переотложения обнаруживается на уникальных месторождениях системы Витватерсранд, в своем развитии прошедших стадии гидротермального рудообразования, формирования коры выветривания, ее размыва и отложения золота в прибрежно-морской россыпи. Это породило дискуссии в отношении генезиса.

6. Россыпные месторождения составляют особую группу, которая здесь не обсуждается. Не комментируем также многочисленные классификации по глубинности, тектоническому типу региона [1, 7], составу вмещающих пород [4] или характеру структур. Нетрудно убедиться, что все они не содержат прямых критериев для направления поисков.

С факторами рудоотложения и особенностями формирования каждого типа месторождений связа-

ны критерии для их поисков. Золото-кварцевые месторождения располагаются в окрестностях крупных гранитоидных батолитов. В Канаде, США, Австралии, Бразилии, Африке, а также в Южном Тянь-Шане, на Енисейском кряже, в Колымской зоне, Синьдзяне известны сотни месторождений этого типа в такой позиции. Рудные тела контролируются системами кварцевых жил или жильных зон. Вследствие наложенного характера золота не все жилы золотоносны и даже «рудные» жилы содержат промышленные концентрации золота не по всей протяженности и мощности. Системы разрывов, вмещающих жилы, на каждом рудном поле располагаются по определенному закону.

Метасоматоз исходных пород при гранитизации сопровождается выносом железа, магния и кальция. Часть железа связывается в оксиды — ферромагнетитики. В результате зоны выноса гидротерм и локализации месторождений иногда выделяются характерными положительными магнитными аномалиями («магнитный след») на фоне обширной отрицательной аномалии над батолитом [13]. В рудах этих месторождений постоянно присутствуют пирит и арсенопирит в количестве до 3%. Вследствие этого им сопутствуют положительные мышьяковые геохимические аномалии.

Золото-колчеданные месторождения не имеют определенной привязки к геологическим структурам. Вместе с малыми интрузиями они контролируются краевыми разломами грабенов, трансформами, располагаясь от них на расстоянии иногда до нескольких километров. Высокие содержания сульфидов и концентрация их в жилах создают благоприятные перспективы для поисков геофизическими и геохимическими методами. В большинстве случаев приповерхностные части жил и жильных зон затронуты интенсивным выветриванием, что проявляется яркой красно-бурой и желтой окраской зон.

Золото-кварц-сульфидные месторождения локализуются в аналогичных структурах. Кроме того, они сопутствуют вулканам или, как золото-скарновые, располагаются на контактах с интрузиями кислого и среднего составов. Руды обычно полиметалльные, золото ассоциирует с медью, серебром, висмутом, вольфрамом, селеном, теллуrom и др. Поэтому перспективны геохимические методы поиска.

Сульфидно-метасоматические месторождения, по-видимому, остаются недооцененными. Формально они установлены лишь в золоторудном поясе штата Невада (США) в углеродсодержащих карбонатно-терригенных породах. Фактически, по нашим данным, к ним можно отнести ряд месторождений и проявлений в Киргизии и Узбекистане, не-



сомненно, имеются они и в России. Направление поисков потребует реконструкции палеоструктур для выделения областей поступления ювенильного флюида в водоносные горизонты и зоны.

Вторичные месторождения золота в коре выветривания широко распространены в условиях жаркого тропического климата (Гана, Ангола, Малайзия и др.), выявлены в аридном засушливом климате Кызылкумов. Мы вправе надеяться на их обнаружение в благоприятных геологических структурах и в умеренном климате, и в приполярных широтах. Анализ [10, 13] показывает, что формированию россыпей обычно предшествует стадия глубокого выветривания и корообразования на первичных рудах. Исследованиями В.П.Петрова (1978) определены планетарные эпохи массового образования кор выветривания, одна из которых относится к раннему мелу.

Поиск месторождений золото-кварцевого типа рекомендуется вести в области эндо- и экзоконтактов гранитных батолитов. Важные критерии, позволяющие суживать площади для поисковых работ, — наличие специфических [13] положительных магнитных аномалий вокруг батолита, кварцевожильных зон или другой минерализации (природных минеральных сорбентов), специфических геохимических (чаще всего мышьяковых) аномалий. Для выявления и оценки проявлений золота эффективно применение методов гравиметрии, магнито-разведки, сейсморазведки, геохимических поисков.

Поиски золото-колчеданных и золото-кварц-сульфидных месторождений рекомендуется ориентировать на крупные посторогенные структуры (краевые разломы грабенов, трансформы), контролируемые внедрение малых интрузий и вулканизм. Локализация месторождений чаще всего определяется разрывами и зонами дробления, оперяющими крупные разломы. Руды часто залегают в структурных ловушках — межформационных зонах дробления и трещинах отслоения. Типичные минеральные ассоциации, вещественный состав руд позволяют использовать геофизические и геохимические методы поиска. При сохранившейся коре выветривания колчеданные месторождения легко обнаружить по ярко окрашенным «железным шляпам». Прогнозирование и поиск скарного типа минерализации опираются на геологические данные — контакты карбонатных пород с интрузиями кислого и среднего составов.

Поиски вторичных месторождений основаны на изучении коры выветривания, реконструкции рельефа, уровня грунтовых вод в период гипергенеза и размыва первичных руд, оценке соотношения механической эрозии с перемещением золота и

формированием россыпей и химического переотложения его в основание коры и зону цементации. В тектонических и климатических условиях на Мурунтау в кайнозойское отношение запаса переотложенного золота к эродированному составило 6:1 [13]. В других условиях этот коэффициент может изменяться в широких пределах.

Приводимые поисковые критерии в основе своей имеют общий, но геологически детерминированный и достаточно определенный характер. Применение их на практике, адаптация к геологической ситуации — непростая творческая задача. Но по существу, они обеспечивают научную базу для успешных поисковых работ. В 1962–1973 гг. такой подход позволил автору с коллегами открыть пять месторождений и рудопроявлений в Чаткальском регионе Киргизии, а в 1973–2002 гг. многократно увеличить разведанные запасы золота Мурунтау.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И. Золото России. — М.: Геоинформ-марк, 1995.
2. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. — М.: НИИ-Природа, 1999.
3. Билибин Ю.А. Вопросы общей металлогении и металлогении золота. Т. 1–3. М.: АН СССР, 1961.
4. Бородаевская М.Б. Эндогенные месторождения золота // Рудные месторождения. М., 1978.
5. Золото Кузбасса / В.П.Баловнев, А.А.Герашенко и др. — Кемерово, 2000.
6. Золоторудное месторождение Мурунтау / И.М.Голованов, Р.В.Цой, А.И.Образцов и др. — Ташкент: ФАН, 1998.
7. Линдгрен В. Минеральные месторождения. — М.: Цветметиздат, 1932.
8. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. — М.: Недра, 1988.
9. Образцов А.И. Факторы рудоотложения и пространственное размещение золоторудных месторождений. — М.: ИМГРЭ, 1991.
10. Образцов А.И. Миграция золота в зоне окисления // Геология и разведка. Изв. вузов. 1994. № 5.
11. Образцов А.И. Заметки к систематике рудообразования // Геология и разведка. Изв. вузов. 1994. № 6.
12. Образцов А.И. Методы и критерии поиска золоторудных месторождений // Тез. докл. съезда геологов. СПб., 2000.
13. Образцов А.И. Месторождение Мурунтау. Опыт изучения и разработки. — Ташкент: ФАН, 2001.
14. Шер С.Д. Металлогения золота. — М.: Недра, 1973.
15. Щербakov Ю.Г. Источники вещества и типизация месторождений золота // Природа растворов и источники рудообразующих веществ. Новосибирск, 1979.
16. Hughes F.E. Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea. Victoria. 1990.



# ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

## ГЛАВНОМУ РЕДАКТОРУ ЖУРНАЛА «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ»

*Уважаемый Игорь Федорович!*

Разрешите выразить одобрение и поддержку инициативе редколлегии журнала, предоставившей место дискуссиям по принципиальным вопросам рудообразования и, в частности, по генезису крупнейших концентраций золота в мире — месторождений Карлин-тренд и Витватерсранд. По первому объекту я принимал участие в дискуссии, сейчас хотелось бы высказать свое мнение и по второй теме.

Я имел возможность ознакомиться с одним из месторождений Ранда в горных выработках, керном опорной скважины P-16 по Западному Ранду, шахтными отвалами, а также с различной документацией по руднику и публикациями по главным рудным полям — The Central Rand Goldfields (V.W.Werdmuller); The West Rand Goldfields (M.Lednor); The East Rand Goldfields (F.S.J.De Jager); The Klerksdorp Goldfields (K.M.Chapman, R.F.Tucher and R.J.Kidger); The West WitsLine (C.J.Engelbrecht); The Orange Free State (Welcom) Goldfields (C.Greathead and J.F.Graadt van Roggen); The Evander Goldfields (A.Leeb Du Toit). Вопросы геологии и генезиса Ранда обсуждались в беседах с Патриком Викарсом, главным геологом новых проектов компании, который подарил мне уникальное издание Геологического общества ЮАР «Witwatersrand gold — 100 years»\*.

Что касается Кочбулака, используемого в далеких аналогиях А.М.Портнова, Д.И.Царева, С.С.Долгушина (публикации в журналах «Геология и разведка», № 4, 1997 и «Руды и металлы», № 3, 2000), то я имел возможность неоднократно наблюдать его строение и руды в горных выработках и очистных блоках, в штабелях на поверхности.

На страницах журнала обсуждение генезиса месторождения Витватерсранд ведется в течение ряда лет. Не дискуссия ли это ради дискуссии?

Генезис руд Ранда геологи выясняют с первого дня их отработки. В упомянутой выше работе Геологического общества ЮАР дан обзор эволюции представлений как рудничных геологов, так и ученых ЮАР и других стран о происхождении конгломератов, их золотой и урановой минерализации. Десятки имен специалистов и их мнения вольно или невольно остаются за рамками обсуждения в волне новой дискуссии в российской периодике, начало которой положена А.Д.Щегловым чуть более десятка лет назад.

John Ballot (1888) впервые обобщил взгляды геологов-практиков, заявив, что конгломераты, а также золото и пирит в них имеют водное осадочное происхождение. Он же подчеркнул, что более поздние тектономагматические процессы привели к частичному перераспределению золота *in situ*.

P.Hatch и G.Chalmers (1895), полагая осадочное происхождение конгломератов, предположили наложенный гидротермальный характер, по крайней мере, части золотого оруденения. Dabid Drapper (1895) считал, что золото накапливалось в процессе отложения конгломератов из морской воды. И, наконец, Julius Kuntz (1895), D.Carrick, а затем и D.Draper (1896) высказали мнение о возможном отложении золота из вторичных перколяционных растворов.

В дальнейшем указанные варианты рассматривали T.Turton, M.Jules Garnier (1886), S.Shnutz — Du Mont, De Jauney (1896), G.T.Becher (1897), August

\*Witwatersrand gold — 100 years. Ed. By E.S.A. Antrobus, Geol. Soc. Of S.Africa, Kelvin, House, 2Hollrd Street, Johanesburg, 2001. P. 298.



Prister (1998), W.Bleolch (1899), P.Hatch и R.Cortorphine (1904), P.Fourmarier (1904), R.B.Young (1907), J.W.Gregory (1908, 1909).

В 1911–1917 гг. Е.Т.Меллор на основе общегеологических и специальных литологических исследований и картирования опубликовал серию статей, в которых обосновал дельтовое происхождение отложений серии Ранд и впервые представил превосходную геологическую карту бассейна. Геологи Ранда называют этот период «эрой Меллора».

С 1920 г. Н.Пиро начал специальные литологические исследования на рудниках, развивая взгляды Е.Т.Меллора. К ним в 1926 г. присоединился геолог Du Toit, в 1927 г. — литолог А.Рейнике. Концепция бассейна достигла вершины своего развития.

1930 год был поворотным в обсуждении проблемы генезиса. Prof. L.C.Graton, известный теоретик рудообразования и автор эндогенной гидротермальной концепции «очаг – растворы – разломы – руды», вновь поставил вопрос о гидротермальном происхождении руд Ранда. В то же время концепция дельты продолжала наращивать число своих сторонников. В 1936 г. Carlton Jones на основе картирования очистных выработок выделил эрозионные каналы, выполненные полосчатыми пиритными кварцитами с продуктивными слоями мощностью 1,2–1,5 м. Новые аналогичные данные привели В.Робертс и А.Крамсдорфф (1938). А.Л.Ду Тойт (1939) под влиянием возникшей в мировой геологии теории тиллитов высказал мнение о гляциальном генезисе части галечных отложений. А.Шарпе (1949), используя результаты детальных литологических работ, дополнил анализ системы Ранда представлениями о цикличности осадков и важной роли местных размывов лагунных отложений в концентрации тяжелых минералов. К этому времени относится высказывание S.M.Naughton о геосинклинальном характере серии Ранд. В 1953 г. G.F.Davidson в связи с проблемой генезиса урановой минерализации Ранда вновь обратился к гидротермальной концепции в ее классическом виде: глубокий магматический очаг – гидротермы с подводными каналами – разломами, пористые пачки конгломератов как благоприятная среда. Его взгляды встретили резкую критику геологов Ранда. Н.Либенберг в 1955 г. опубликовал данные тонких минералогических исследований, из которых следует, что уранинит — обломочный минерал, а золото свободно перераспределяется на месте. Его поддержали литологи А.Шарпе, В.Робертс, минералог Ramdor.

Осадочная концепция получила дальнейшее развитие в работе Е.С.А.Антробус (1956), который предложил для осадконакопления вместо механизма дельты концепцию аллювиальной равнины пьедмонта. Эта идея была поддержана А.Брок (1957), V.Kohen (1967), P.D.Toens и G.M.Grittiths (1960).

R.P.Viljoen (1963) на обширном рудничном материале установил корреляцию содержания золота с количеством крупнозернистых тяжелых минералов в матриксе конгломератов. Это позволило ему в рамках бассейно-дельтовой концепции выделить пять основных центров впадения рек в бассейн. Таким участкам соответствуют главные рудные поля Ранда, с чем в 1964 г. согласились А.Брок и D.A.Pretorius. W.E.L.Minter (1963) и L.S.Steyn (1964) на примере Livingstone Reef, R.F.Tucker на примере Composite Reef показали справедливость таких соотношений.

Производственные геологи крупных компаний внесли существенный вклад в изучение и познание закономерностей размещения руд в конгломератах Ранда. Так, в регионе East and South Rand Goldfields видной фигурой был Альфред Фрост, чье мнение по геологии и оценке руд принималось безоговорочно. В его команду входили многие специалисты, среди которых выделялся Jim Ellis. Он обладал высокой интуицией, «нюхом» на структуры и руды, как пишет P.S.J.De Jager (He had a «nose» for structures, nose for ores). Он умер от лейкемии в возрасте 40 лет на вершине всеобщего признания его способностей. Это был профессионал, чье влияние сказалось на всем развитии рудничной геологии Ранда. Другим выдающимся рудничным геологом был Henry Clement Melvill Whiteside, главный геолог компании Anglo American. В компании Goldfield не было равных W.G.L.Clark по прозвищу Nobbe Clark. Затем его сменили Max Mehliiss, Dr. R.A.Pelletier и Dr. W.P.DeKock, которые приложили много усилий для развития рудничной геологии, методики разведки и прослеживания промышленных рифов. Действующие технологии комплексных поисков, разведки и обоснования систем обработки заложены их трудами.

Столь пространное вступление понадобилось для того, чтобы показать, какие серьезные геологические силы и на каком гигантском материале обсуждали проблему генезиса Ранда. И как-то не очень солидно, в смысле объема личных материалов, выглядят авторы нашей дискуссии на страницах журнала. Глубокие проработки доктора П.Бергмана все-таки касаются другой проблемы. Но обратимся к сути.



Первое — генезис конгломератов. Абсолютное большинство геологов-практиков Ранда, ученых ЮАР и других стран, в том числе со «звонкими» именами, такие как L.C.Graton, G.F.Davidson, А.Д.Щеглов, Н.Ramdor, — все безоговорочно признают осадочное происхождение конгломератов рифов Ранда.\* При этом «бассейновая дельтовая» концепция наиболее адекватна реально наблюдаемым характеристикам геологии.

Второе — генезис золотого и уранового оруденения в конгломератах. Здесь существует два диаметрально противоположных подхода — осадочный (россыпной) и гидротермальный наложенный. Однако наиболее информированная в реальной геологии часть геологов (работники добывающих предприятий и узкие специалисты — литологи, минералоги) склонны считать генезис смешанным — осадочным с последующим перераспределением золота и урановой минерализации *in situ*.

По меньшей мере, странно выглядят попытки называть конгломераты Ранда псевдоконгломератами, образованиями трубок взрыва, аналогичными валунчатым дайкам и «пайпам» медно-порфировых и золото-серебряных рудных полей (например, Коунрада в Казахстане, Кочбулака в Узбекистане). Сравнение по чисто внешним признакам (форме «галек», в частности) выглядит настолько натянутым, что не может всерьез обсуждаться.

Участие элизионных вод в создании современного облика золотоносных конгломератов, как, впрочем, и других руд в терригенных комплексах, естественно, так как этот процесс неизбежно протекает в толщах осадков. Поэтому модель ступенчатого концентрирования, все более широко обсуждаемая при установлении генезиса золотого оруденения в углеродистых терригенных и вулканогенно-терригенных комплексах, видимо, возможна и для Ранда. Участие ювенильных вод (без обсуждения их генезиса) в формировании руд Ранда вполне возможно, поскольку краевая зона бассейна осложнена разломами фундамента различной глубины проникновения в земную кору и различного возрас-

та, начиная от конседиментационных и кончая поздними постлитификационными.

Гидротермы, поднимающиеся по разломам, при встрече слоев, благоприятных для фильтрации, далее распространяются по ним, образуя стратиформные тела минерализации. Такой механизм мы называем аплаеринг (*up* — вверх, *layer* — слой) по аналогии с апвеллингом. Модели дельты (среда рудоотложения и первичного накопления рудного вещества) — ступенчатого перераспределения (механизм концентрирования *in situ*) — аплаеринга (механизм концентрирования с привнесом извне) связывают в единую долгоживущую систему процессы осадконакопления, диагенеза-эпигенеза, метаморфизма осадков и метасоматизма, объединяя в единую группу казалось-бы такие далекие образования как Витватерсранд, Мурунтау, Большой Бакырчик, Сухой Лог. И совсем не обязательно шокирующие своей неподходящей сутью фантазии о механизмах образования пород, например галечников, для которых классическая геология и литология давно определили естественные условия образования.

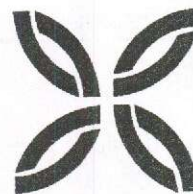
Опыт изучения гидротермальных месторождений металлов свидетельствует о том, что чем выше класс объекта по масштабам, тем более разнообразные условия и результаты процесса минералообразования для него характерны (количество минеральных ассоциаций; многообразие видов зональности и типов рудных «ловушек», соответственно, рудных столбов и т.п.). Рудные поля Ранда удалены друг от друга на значительные расстояния, имеют довольно много различий в деталях строения разреза. Как следствие для них должно быть характерно разнообразие. Однако этого нет, у них устойчивы всего несколько главных литологических признаков золотой и урановой минерализации, а все различия обусловлены эффектами перераспределения *in situ* и аплаеринга.

Профессор В.А.Нарсеев

\*Редколлегия считает возможным отметить неточность изложения генетических построений А.Д.Щеглова для Ранда. После дискуссии в ЦНИГРИ он принял «юлчеданную» модель для Ранда, отнес конгломераты к скоплениям «рудокластов» явно взрывной природы. До А.Д.Щеглова эта идея предлагалась в нескольких статьях западных геологов. При этом не исключалась, а поддерживалась концепция накопления конгломератов в «разноглубинном» водном бассейне сложной морфологии (русла, отмели, ритмиты и др.).



## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



15 августа 2005 г. исполнилось 70 лет **Игорию Яковлевичу Польшванному**, кандидату геолого-минералогических наук, ученому секретарю ЦНИГРИ.

После окончания в 1957 г. Казахского государственного университета им. С.М.Кирова И.Я.Польшваннный работал в Алтайском отделе Института геологических наук АН КазССР им. К.И.Сатпаева, а с 1971 г. — в Казахском институте минерального сырья Мингео КазССР.

Изучив вещественный состав рудовмещающих формаций Рудного Алтая, И.Я.Польшваннный детализировал стратиграфические уровни локализации колчеданно-полиметаллических руд Лениногорского района, разработал критерии поисков и оценки рудоносных структурно-вещественных комплексов, составил карты прогноза на полиметаллы, медь и редкие металлы, оценил перспективность отдельных рудных районов, дал рекомендации по направлению геологоразведочных работ. В результате были обнаружены новые рудные объекты. И.Я.Польшваннный принимал участие в составлении геологической карты к подсчету запасов уникального Тишинского месторождения. Его книга «Стратиграфия, биостратиграфия и фации палеозоя и мезозоя Юго-Западного Алтая» послужила обоснованием для выработки схем стратиграфической корреляции вулканогенно-осадочных толщ палеозоя Алтая при производстве геолого-съёмочных работ м-ба 1:200 000. Она стала также основой для составления литолого-палеогеографических карт территории Юго-Западного Алтая м-ба 1:1 000 000 и литолого-палеогеографических и палеотектонических карт СССР м-ба 1:7 500 000, на которых нашли отражение региональные закономерности размещения рудных залежей в геологических формациях различного вещественного состава и возраста.

В 70-е годы, работая в КазИМСе, И.Я.Польшваннный продолжил исследования по разработке критериев поисков и количественных методов прогнозирования месторождений цветных металлов. В должности ученого секретаря он обеспечивал планирование и координацию работ института по прогнозу, поискам и оценке минералогического потенциала республики. Руководил работой по составлению карты меденосных формаций и подготовкой программы геологоразведочных, научно-исследовательских и тематических работ на медь Казахстана до 1990 г.

С 1981 г. и по настоящее время И.Я.Польшваннный работает ученым секретарем ЦНИГРИ и ученым секретарем Ученого совета института. Он занимается формированием направлений научных исследований института, составлением планов НИОКР на ближайшую и дальнюю перспективы, подготавливает материалы о результатах научно-производственной деятельности, руководит работой по организации НИОКР и их информационному обеспечению. Его усилия направлены на повышение научного уровня, качества и эффективности использования создаваемой научно-технической продукции.

За заслуги в научно-производственной деятельности в области геологии И.Я.Польшваннный удостоен звания «Почетный разведчик недр» и награжден знаком «Отличник разведки недр».

Поздравляем Игоря Яковлевича с юбилеем, желаем крепкого здоровья и новых творческих успехов.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редакция журнала*



Поздравляем с семидесятилетием **Кулигина Василия Михайловича**, старшего научного сотрудника отдела минералогии, изотопной геохимии месторождений благородных и цветных металлов и геоэкологии ЦНИГРИ, разработчика нейтронно-активационного и флуоресцентно-рентгенометрического методов анализа пород и руд. В.М.Кулигин с 1959 г. работает в этой области. В 1970 г. он впервые внедрил в аналитическую службу института инструментальный нейтронно-активационный метод анализа порошковых проб. Этот метод разработан и внедрен В.М.Кулигиным и для определения золота в нефтях, микропримесей в алмазах. В.М.Кулигин — автор 55 печатных работ и отчетов, имеет авторские свидетельства на изобретения, награжден бронзовой медалью ВДНХ, нагрудным знаком «Изобретатель СССР»

Желаем Василию Михайловичу здоровья, благополучия и новых творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

Поздравляем с пятидесятилетием **Хачатрян Галину Карленовну**, старшего научного сотрудника отдела минералогии, изотопной геохимии месторождений благородных и цветных металлов и геоэкологии ЦНИГРИ, кандидата геолого-минералогических наук, известного специалиста в области ИК-спектрометрического анализа и минералогии алмаза. С участием Г.К.Хачатрян подготовлен отчет по подсчету запасов алмазов месторождения им. М.В.Ломоносова в Архангельской области, создано методическое руководство по комплексному исследованию алмазов, совместно со специалистами АК «АЛРОСА» внедряется новая методика изучения структурных дефектов в кристаллах алмаза. Г.К.Хачатрян — автор более 40 научных трудов и трех изобретений.

Желаем Галине Карленовне здоровья и дальнейших творческих свершений.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

**Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем** (Серия «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов») – М.: ЦНИГРИ, 2004. 45 табл., 55 рис., 192 с.

Авторы: *М.М.Константинов, Т.Н.Косовец, С.Г.Кряжев, М.В.Наталенко, С.Ф.Стружков, В.И.Устинов*

Определены особенности строения и развития рудообразующих систем: вулканогенно-гидротермальных (золото-серебряные месторождения вулканоплутонических поясов); плутоногенно-гидротермальных (золото-полисульфидные месторождения эпизвогеосинклинальных складчатых поясов); гидротермально-осадочных (стратиформные золото-кварцевые месторождения терригенно-сланцевых поясов); метаморфогенно-гидротермальных (золото-сульфидные месторождения терригенно-сланцевых поясов); гидrogenных (золото-сульфидно-кварцевые месторождения чехла древних щитов). Моделирование золотоносных рудообразующих систем осуществлено на основе материалов по золоторудным месторождениям, детально и всесторонне изученным с применением новейших методов исследования руд (термобарогеохимических, изотопно-геохимических и др.). Обосновано разнообразие рудогенетических систем, ответственных за формирование промышленных золоторудных месторождений, и показана возможность опознания этих систем комплексом современных аналитических методов.

Для широкого круга специалистов в области металлогении, геологии, прогноза и поисков рудных месторождений, а также преподавателей и студентов учебных заведений геологического и горно-геологического профиля.

**Золотоносность Урала.** Объяснительная записка к карте коренной золотоносности Урала м-ба 1:1 000 000 / Научные редакторы: А.И.Кривцов, Н.К.Курбанов. – М.: ЦНИГРИ. 2005. 8 табл., 14 рис., 144 с.

Авторы: *Н.К.Курбанов, П.С.Ревякин, П.Г.Кучеревский, В.И.Романов, С.А.Светлов.*

Описаны этапы формирования, структурно-формационное строение и металлогеническая специализация разновозрастных рудоносных, рудообразующих и рудогенерирующих (рудорегенерирующих) структурно-вещественных комплексов Уральской Складчатой Системы (УСС). Охарактеризованы основные геолого-промышленные типы золоторудных и золотосодержащих месторождений; проанализированы особенности состава и закономерности размещения рудно-формационных семейств (групп); рассмотрены вопросы металлогенического районирования УСС; проведена типизация металлогенических мегазон (субпровинций), зон, подзон и рудных районов, на основе которой разработаны прогнозно-поисковые критерии, оценены перспективы золотоносности.

Для специалистов в области геологического и металлогенического картирования, изучения и прогноза золотых и золотосодержащих месторождений.



THE  
LAW  
OF  
THE  
STATE  
OF  
NEW  
YORK  
IN  
RELATION  
TO  
THE  
MARRIAGE  
RELATIONS  
OF  
THE  
PEOPLE  
OF  
THIS  
STATE  
AND  
TO  
THE  
PROPERTY  
RELATIONS  
OF  
THE  
SAME  
BY  
JAMES  
C. SMITH  
OF  
THE  
BAR  
AT  
NEW-YORK  
1854



