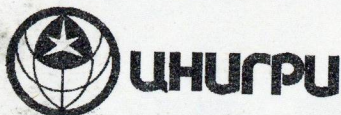


РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



5/1997

ISSN 0869-5997



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ ОБЪЕКТОВ

Методика экспертной оценки золотороссыпных объектов, разработанная ведущими специалистами ЦНИГРИ, основана на использовании комплекса прогнозно-оценочных критериев и признаков россыпной золотоносности (металлогенических, рудноформационных, минералогических, вещественно-литологических и др.), позволяющих на базе имеющихся материалов и минимальных дополнительных исследований с большой степенью достоверности оценить перспективы россыпей золота и их прогнозные ресурсы на объектах различного ранга.

Технология работ включает в себя качественную и количественную оценку основных факторов россыпеобразования, определяющих процесс миграции золота от коренных источников до участков концентрации в речных долинах и других формах современного и древнего рельефа. Выявленные перспективные площади сопоставляются с эталонными россыпными объектами сходных геолого-геоморфологических обстановок, что позволяет прогнозировать геолого-промышленный тип россыпей, их продуктивность и параметры. Работы выполняются в сжатые сроки высококвалифицированными специалистами, имеющими большой опыт оценки россыпей России и зарубежных стран.

Результаты работ представляются в виде серии карт, отражающих пространственное положение перспективных объектов, а также долин с характеристикой их прогнозных ресурсов. Результатом работ являются записки, содержащей рекомендации по направлению дальнейших работ.

Методика реализована при оценке россыпей в Казахстане, Узбекистане, Средней Азии, а также Болгарии, Чехии, Словакии.

Реализация методики может быть осуществлена на контрактной основе.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе
Телефон: (095) 313-18-18, 315-27-56
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



5/1997

Научно-технический журнал

Выходит 6 раз в год

Основан в 1992 году

ISSN 0869-5997

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И. Ф. МИГАЧЕВ

Б. И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э. К. БУРЕНКОВ
В. И. ВАГАНОВ
В. И. ВОРОБЬЕВ
П. А. ИГНАТОВ
С. С. КАЛЬНИЧЕНКО
М. М. КОНСТАНТИНОВ
А. И. КРИВЦОВ (зам. главного редактора)
Н. К. КУРБАНОВ
Г. А. МАШКОВЦЕВ
В. М. МИНАКОВ
Н. И. НАЗАРОВА (зам. главного редактора)
Г. В. ОСТРОУМОВ
В. М. ПИТЕРСКИЙ
В. И. ПЯТНИЦКИЙ
Г. В. РУЧКИН
Ю. Г. САФОНОВ
А. Э. СЕДЕЛЬНИКОВА (отв. секретарь)
Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА
В. И. СТАРОСТИН
И. А. ЧИЖОВА
Ю. М. ЩЕПОТЬЕВ

Учредитель

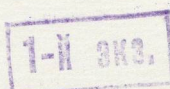
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)

Издается при участии

Международной Академии минеральных ресурсов,

фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 1997



Технический редактор Н. П. Кудрявцева
Редакция: Н. И. Назарова, А.Э.Седельникова, Е.В.Розова

Сдано в набор
15.08.97
Подписано в печать
17.09.97
Тираж 300 экз.

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

Адрес редакции: 113545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Прикладная металлогения

Халезов А. Б.
Ураноносность Верхнекамской впадины Русской платформы

5

Казаринов С. Л., Новиков В. Н.
Районирование территории Карачаево-Черкесской Республики по перспективам россыпной золотоносности

12

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Коплус А. В., Алиева О. З.
Среднемасштабное прогнозирование флюоритоносности на северо-востоке Горного Алтая

19

Николаева Е. И., Кажихин М. А., Голованов И. М.
Меднорудные формации Тянь-Шаня — оценка перспектив (на примере Республики Узбекистан и КНР)

28

Некрасова А. Н., Орешин В. Ю., Чижова И. А.
Принципы систематики золото-серебряных месторождений на основе логико-информационного анализа

33

Строение рудных месторождений

Волчков А. Г., Звездов В. С.
Природа проявлений медно-мышьяковой минерализации Малетойваямского стратовулкана

44

Томилов Б. В., Спиридонов А. М., Зорина Л. Д., Прокопчук С. И., Захаров Ф. В., Токарев А. И.
Россыпи Гурулевского золото-мышьякового месторождения в юго-восточном Забайкалье

52

Малинко С. В., Лисицин А. Е.
Экзотические борные руды месторождения Солонго в Бурятии

63

Applied Metallogeny

Khalezov A. B.
Uranium ore potential of the Verkhnekamskaya depression of the Russian platform

Kazarinov S. L., Novikov V. N.
Demarcation of areas promising for gold placer occurrences in the Karachaevo-Cherkesskaya Republic

Methods and Methodology of Prediction, Prospecting, Evaluation and Exploration of Mineral Deposits

Koplus A. V., Alieva O. Z.
Medium-scale prediction of fluorite-bearing potential in the northeastern part of Gorny Altai

Nikolayeva Ye. I., Kazhikhin M. A., Golovanov I. M.
Copper ore-bearing formations of the Tien Shan: estimated prospectivity (cases: the Republic of Uzbekistan and People's Republic of China)

Nekrasova A. N., Oreshin V. Yu., Chizhova I. A.
Classification of gold-silver deposits on the basis of logical data analysis

Structure of Ore Deposits

Volchkov A. G., Zvezdov V. S.
The nature of Cu-As mineralization occurrences in the Maletoyvayamsky stratovolcano

Tomilov B. V., Spiridonov A. M., Zorina L. D., Prokopchuk S. I., Zakharov F. V., Tokarev A. I.
Placer of the Gurulevskoye Au-As deposit (southeastern Trans-Baikal regions)

Malinko S. V., Lisitsyn A. Ye.
Exotic boron ores of the Solongo deposit, Buryatia

Дискуссии

Нарсеев В. А.
Прогноз новых типов концентраций
золота

72

Ящинин С. Б.
Попутное золото в месторождениях
песчано-гравийных смесей (ПГС)

Сидоров А. А., Томсон И. Н.
Базовые рудные формации — важ-
нейшая составляющая геолого-гене-
тических моделей

Фогельман Н. А.
К вопросу о методологических осно-
вах рудноформационной система-
тики и прогноза месторождений

Рецензии

Горжевский Д. И.
К столетию со дня рождения
В. М. Крейтера

85

Поздравляем

87

Discussions

Narseev V. A.
Prediction of new types of gold con-
centration

Yashchinin S. B.
Gold as a minor commodity in sandy-
gravel mixture deposits

Sidorov A. A., Tomson I. N.
Basic ore assemblages: the most im-
portant element of geology-genetic
models

Fogelman N. A.
On methodological fundamentals of
ore-assemblage-based systematiza-
tion and prediction of ore deposits

Book reviews

Gorzhevsky D. I.
On V. M. Kreiter's birth centenary

Congratulations



УРАНОНОСНОСТЬ ВЕРХНЕКАМСКОЙ ВПАДИНЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

А. Б. ХАЛЕЗОВ (ВИМС МПР России)

Рассмотрены закономерности локализации, особенности вещественного состава, генезис, возраст и поисковые критерии уранового оруденения в русловых внутриформационных структурах верхнепермской красноцветной формации Верхнекамской впадины.

К настоящему времени имеются лишь единичные публикации по ураноносности рассматриваемого района [3, 5, 6, 7, 8]. В них затронуты некоторые вопросы локализации, вещественного состава, возраста и генезиса оруденения (главным образом на примере Черепановского месторождения), а общие закономерности распространения урановорудных объектов и поисковые критерии в них рассмотрены недостаточно. В то же время благодаря работам специалистов концерна «Геологоразведка», территориальных и научных организаций (Г.С.Осокина, С.И.Долбилина, И.П.Зайцева, Ф.С.Мударисова, автора и других) накопился большой фактический материал, который должен быть использован при оценке перспектив ураноносности данного района и поисках месторождений. Однако этот материал не доступен для широкого круга геологов, так как рассредоточен по фондам разных территориальных геологических организаций. Автором проведена систематизация геологических данных по всем урановорудным объектам района, и на ее основе выявлены общие закономерности распространения и локализации уранового оруденения в Верхнекамской впадине.

Большая часть проявлений урана находится в южной части Верхнекамской впадины. Рельеф района выровненный с небольшими возвышенностями и развитой речной сетью. Наиболее крупные реки — Кама, Иж, Вотка, Сива, Чепца. Диапазон абсолютных отметок местности — от +50 до +250 м. Геологический разрез представлен красноцветной толщей верхнепермского возраста, расчлененной

(сверху вниз) на татарский, казанский и уфимский ярусы. Образования татарского яруса широко развиты на дневной поверхности. Общая мощность верхнепермских отложений достигает 500—700 м. Ниже залегают преимущественно карбонатные, реже терригенные отложения ранней перми, карбона и девона, с которыми связаны месторождения нефти. Глубина залегания кристаллического фундамента — 3—5 км. Магматические образования в осадочном чехле отсутствуют.

Залегание осадочного чехла пологое с общим погружением на север, осложнено валобразными и локальными куполовидными поднятиями с углами падения крыльев 1—5°. Разрывные нарушения выделены большей частью по геофизическим данным. Амплитуды смещения слоев пород по разломам в верхней части осадочного чехла, по данным бурения, в отдельных случаях достигают первых десятков метров. В гидрогеологическом отношении район представляет собой краевую часть Верхнекамского артезианского бассейна.

Все известные в районе месторождения и многочисленные рудопроявления урана связаны с казанским и татарским ярусами. Их разрез имеет четко выраженное ритмичное строение. В основании ритмов широко развиты отложения речных долин, выполняющих эрозионные врезы. Долины выполнены грубообломочными русловыми и более тонкими пойменными, старичными отложениями. Породы слабо литифицированы. В северо-западном направлении русловые отложения переходят в прибрежно-

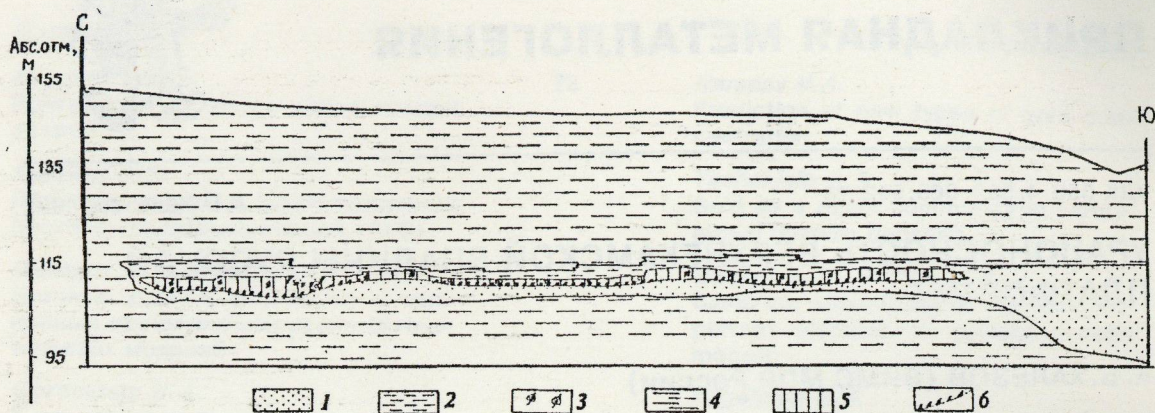


Рис. 1. Схематический разрез Черепановского месторождения. Масштаб: горизонтальный 1:500, вертикальный 1:200.

1 — песчаник желтоватого цвета; 2 — алевролиты глинистые желтоватого цвета; 3 — сероцветные глинистые алевролиты с обугленными растительными остатками; 4 — глины красноцветные; 5 — слабооруденные породы с содержанием металла от 0,005 до 0,01 %; 6 — оруденные породы с содержанием металла от 0,01 до 1,0 %.

озерные и озерные образования. Верхние части ритмов сложены красноцветными алевролитами, глинами и аргиллитами водораздельных пространств и мелких озер. Мощность ритмов изменяется от 20 до 50 м. Ритмичное строение толщи обуславливает чередование в разрезе водопроницаемых и водоупорных горизонтов. Урановое оруденение связано главным образом с отложениями палеодолин и реже озер.

Наиболее изучены в районе Черепановское и Виноградовское месторождения урана.

Черепановское месторождение расположено в 60 км к северо-востоку от г.Ижевска. Оно приурочено к склону нефтегазоносного Мишкинского поднятия с углами падения пород до 1° и связано с погребенной эрозионной межформационной речной долиной раннетатарского возраста. Долина врезана в подстилающие красноцветные алевро-глинистые отложения нижележащего ритма и перекрыта сходными красноцветными образованиями. Глубина вреза — 30 м. Долина прослеживается вдоль склона поднятия на многие километры на глубине 40—100 м. Русловые отложения центральных частей палеодолины в основном представлены серо- и желтоцветными разнотекстурными песчаниками с прослоями конгломератов, сложенных галькой карбонатных, песчаных и глинистых пород ближнего сноса.

Сероцветные разности содержат переменное количество мелких углефицированных растительных остатков, мелкокристаллический пирит.

В желтоцветных породах (желтоватых, желтовато-зеленоватых, желтовато-серых) углефицированные остатки и пирит обычно отсутствуют или отмечаются в прослоях серых глин среди желтоцветных пород. Желтоватые окраски характерны для наиболее грубозернистых отложений. Границы желтоцветных и сероцветных пород обычно секут слоистость. Это позволяет считать желтоватую окраску пород вторичной по отношению к серой. По-видимому, она образовалась в результате окисления, при котором органическое вещество и пирит в сероцветных отложениях были окислены. Вдоль пологих бортов палеодолины в местах ее изгибов и ветвлений развиты пойменные и старичные сероцветные песчаники с повышенной глинистостью, алевролиты и глины с углистым детритом.

Черепановское месторождение находится в краевой части палеодолины (рис. 1, 2). Оруденение приурочено к пачке переслаивающихся пойменных сероцветных песчаников, алевролитов и глин темно-серого и черного цвета общей мощностью до 5 м. Эта пачка подстилается и перекрывается окисленными песчаниками и алевролитами.

На месторождении выделено два типа оруденения, пространственно тесно связанных между собой, но различающихся по содержанию урана, морфологии и возрасту.

Первый тип характеризуется убогими

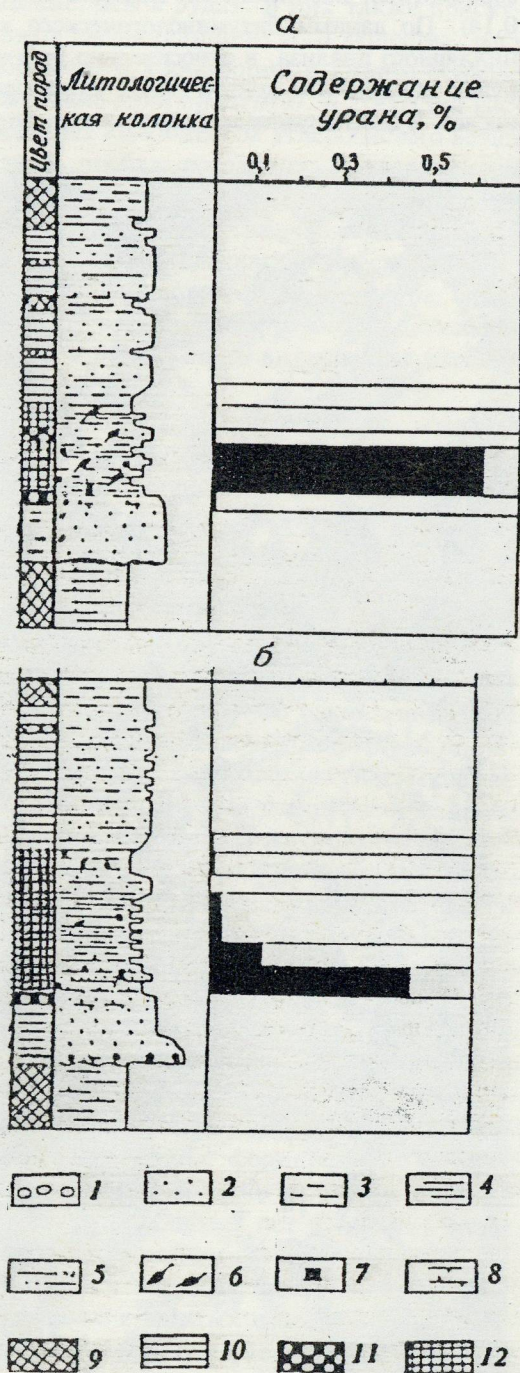


Рис. 2. Литологические колонки по скважинам и результаты опробования. Черепановское месторождение. Масштаб 1:100.

1 — конгломераты; 2 — песчаники; 3 — алевролиты; 4 — глины; 5 — алевролиты и глины песчаные; 6 — растительные обугленные остатки; 7 — пирит; 8 — известковистый цемент; цвет пород: 9 — красный, 10 — желтоватый, 11 — ярко-желтый, 12 — серый.

содержаниями урана (0,00п — 0,1 %) и равномерным распределением его по породе. Оруденение данного типа практически почти повсеместно развито в сероцветных породах.

Второй тип руд локализован на границе сероцветных и окисленных пород. Рудные тела представляют собой пластообразные линзы, вытянутые вдоль борта палеодолины на сотни метров при ширине от 40 до 140 м и мощности от 0,3 до 3 м. Рудные тела залегают в основном параллельно напластованию пород, но местами секут их слоистость. Содержание урана в оруденелых породах колеблется в широких пределах — от 0,01 до 1 %. Наиболее высокие его концентрации приурочены к подошве или кровле пласта сероцветных пород там, где они непосредственно граничат с окисленными песчаниками желтоватого цвета. При удалении от таких контактов в сторону серых пород содержания урана постепенно снижаются до фоновых значений. Таким образом, оруденение локализуется на седиментационном восстановительном геохимическом барьере в сероцветных породах, изначально обогащенных органическим веществом растительного происхождения.

В районе известно также накопление урана на эпигенетическом восстановительном геохимическом барьере. Примером такого оруденения может служить один из участков Ефремовского месторождения. На этом участке под погребенной рудоносной долиной прослеживается зона восстановления первично красноцветных пород. Восстановленные породы имеют белую окраску с зеленоватым оттенком. В них сохранились реликты первичной красноцветной окраски и отмечаются выделения новообразованного пирита. Мощность зоны до 5 м. Установленная протяженность зоны более 1 км. Урановое оруденение на этом участке приурочено к зоне восстановления, где уран концентрируется на выделениях пирита.

По данным химических анализов, в рудах Черепановского месторождения и других объектов отмечаются повышенные содержания ряда элементов, максимальные концентрации которых следующие, %: Мо — 0,2; Cu, Pb — 0,01—0,03; Sc — 0,002; Y — 0,03; Ag — 0,001. На некоторых рудопоявлениях содержания элементов (%) достигают: Мо, Cu — 0,5; Sc — 0,01; Ag — 0,008. Текстуры руд вкрапленные.

Основной урановый минерал — коффеинит [5, 6]. Совместно с пиритом он образует

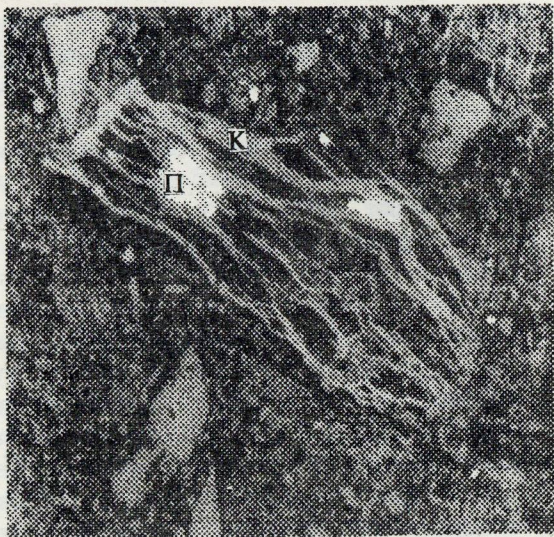


Рис. 3. Микроконкреции коффинита (к) и пирита (п) в глинистом алевролите.

Ув. 35. Отраженный свет.

микроконкреции и псевдоморфозы по растительному органическому веществу, местами сохранившему элементы растительных форм (рис. 3, 4). Центральные части микроконкреций и минерализованных обломков растительного органического вещества сложены в основном пиритом, а внешние — коффинитом. На границе между пиритом и коффинитом встречается настуран. В некоторых микроконкрециях наблюдается двойное чередование зон пирита и коффинита.

В парагенезисе с урановыми минералами в рудах широко развит кальцит. Он замещает органическое вещество, глинистый цемент и корродирует терригенные зерна кварца и полевых шпатов. В кальците отмечаются новообразованные кристаллы анальцима. Редко встречается разрозненная вкрапленность марказита, халькозина, ильземаннита.

Органическое вещество ($C_{орг.}$) в рудах Черепановского месторождения всегда присутствует в количестве от 0,1 до 1,75 %. На других рудопоявлениях в отдельных пробах его количество достигает 12,5 %. По данным инфракрасной спектроскопии и петрографических исследований, органическое вещество представлено фузеном, витреном и гуминовыми кислотами. Степень окисления органического вещества из оруденелых пород ($C_o = 0,28$) в два раза выше таковой в неоруденелых

сероцветных неокисленных породах ($C_o = 0,14$). По данным битуминологического капиллярного анализа, в относительно богатых рудах обнаружены только следы гуминовых кислот. В слабооруденелых сероцветных поро-



Рис. 4. Псевдоморфозы коффинита (к) и пирита (п) по обломку растительного вещества.

Ув. 160. Отраженный свет.

дах содержания гуминовых кислот более высокие, чем в рудах. В них также присутствуют следы органического вещества, растворимого в хлороформе и спирто-бензоле (тысячные доли процента). Количество растворимых компонентов углеродистого вещества в пробах возрастает с увеличением общего содержания в породах растительного органического вещества, что свидетельствует о сингенетично-диагенетическом происхождении растворимых компонентов. Органическое вещество нефтяного происхождения ни в рудах, ни во вмещающих породах не обнаружено.

Для выяснения возможного возраста урановой минерализации были проведены определения изотопного состава радиоактивных элементов и свинца [3]. Это позволило установить, что в породах с относительно низкими содержаниями урана (*первый тип* оруденения) количество радиогенного свинца-206, как правило, согласуется с содержанием урана и временем существования пород. Поэтому можно предположить, что накопление урана происходило в позднепермское время, по-видимому, одновременно с отложением осадков. В породах с высокими содержаниями урана (*второй тип*) наблюдается существенный недостаток свинца-206 по отношению к урану, причем чем выше содержание урана, тем больше этот недостаток. Это указывает на более поздний привнос урана — от двухсот до первых десятков миллионов лет тому назад. Изотопный состав свинца из фракции, обогащенной коффином (уран — 19,75 и свинец — 0,06 %), позволяет оценить возраст коффинита в несколько десятков млн. лет. Следовательно, процесс формирования богатых руд растянут по времени на многие десятки, даже сотни миллионов лет и связан с мезокайнозойским этапом развития района.

Избыток иония по отношению к урану тем больше в богатых и бедных рудах, чем ближе к окисленным участкам и чем в более проницаемых породах они залегают. В данном случае это можно объяснить «молодым» (сотни тысяч лет) выносом урана после более раннего его привноса, зафиксированного отношением свинца-206 к урану. Поздний вынос урана обусловил на этих участках разрушение ранее образованного оруденения.

Виноградовское месторождение распо-

ложено в 150 км к северо-западу от г. Ижевска и приурочено к склону небольшого поднятия с углами падения крыльев не более $0,5^\circ$. Глубина залегания месторождения 80—120 м. Возраст вмещающих отложений раннетатарский. Рудовмещающие породы по условиям образования относятся к отложениям остаточного мелководного озера или залива в переходной прибрежно-озерной зоне. Они представлены тонкогоризонтальноистыми серыми и темно-серыми алевроитистыми глинами с тонким обугленным детритом и мелкими конкрециями пирита. В глинах имеются слои алевролитов мощностью до первых сантиметров. Количество последних заметно варьирует, и часто рудовмещающие отложения представляют собой переслаивание сероцветных алевроитистых глин и алевролитов. Общая мощность сероцветной пачки изменяется от 2 до 5 м. Отложения, подстилающие и перекрывающие пачку, представлены красноцветными глинами и алевролитами с редкими прослоями мергелей.

На границе с красноцветами рудовмещающие 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 состоит из оксидов урана.

Средние содержания урана в рудном пласте колеблются от 0,005 до 0,07 %, максимальные — приурочены к контакту сероцветных пород с пятнисто-лимонитизированными породами. Из сопутствующих элементов в повышенных количествах постоянно присутствует молибден. В пробах с максимальными содержаниями урана количество молибдена достигает 0,02 %.

Кроме приведенных данных по Черепановскому и Виноградовскому месторождениям, автором учтены материалы по другим урановорудным проявлениям района, количество которых более ста (Киенкопское, Восточно-Черепановское, Бегешское и другие). Выводы по закономерностям распространения и особенностям локализации уранового оруденения в верхнепермской красноцветной формации Верхнекамской впадины сводятся к следующему.

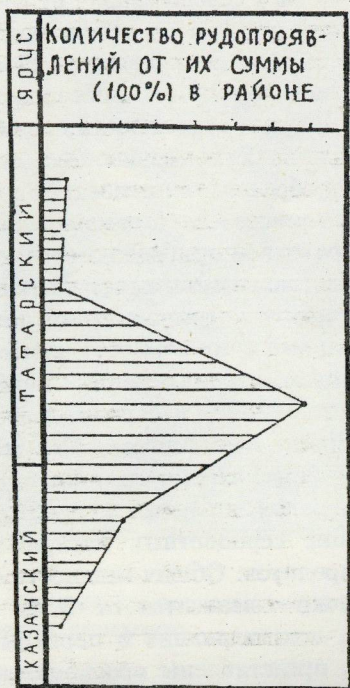


Рис. 5. Распределение рудопроявлений урана по разрезу отложений казанского и татарского ярусов Верхнекамской впадины.

В палеогеографическом отношении область накопления рудовмещающей толщи представляла собой всхолмленную эрозионно-аккумулятивную озерно-аллювиальную равнину с аридным климатом. Накопление осадков происходило в условиях замедленных эпейрогенических тектонических движений, обусловивших ритмичное строение толщи и сложное строение палеодолин.

Стратиграфический контроль оруденения выражен отчетливо. Около 70 % выявленных проявлений урана сосредоточено в нижних горизонтах татарского яруса. Остальные рудопроявления приурочены к верхним частям казанского и татарского ярусов (рис. 5).

Оруденение локализуется в определенных группах фаций — в отложениях речных долин и прибрежных озер. По мере удаления от Урала, являющегося областью устойчивого поднятия, наблюдается смещение рудных объектов в более молодые отложения, что согласуется с перемещением зон рудоносных фаций.

Литологический контроль оруденения проявлен в приуроченности рудных объектов к участкам переслаивания пород различной

проницаемости — песчаников, алевролитов, глин, глинистых песчаников, отражающего сложную фациальную обстановку — смену в плане и разрезе русловых, пойменных, старичных и озерных образований.

Анализ многочисленных эмпирических данных позволяет предположить возможность опосредованного структурного контроля оруденения, выраженного пространственным совпадением многих речных долин с зонами разломов, а сложных фациальных обстановок со склонами конседиментационных поднятий, которые огибаются палеодолинами. Можно предположить, что ореолы урановой минерализации на некоторых участках контролируются зонами повышенной трещиноватости пород, обуславливающими повышенную фильтрацию подземных вод. Последнее, вероятно, объясняет многоярусность оруденения, приуроченного к нескольким палеоруслам, расположенным одно над другим. Геохимический контроль оруденения проявлен в развитии рассеянной урановой минерализации среди сероцветных первично восстановленных пород, обогащенных органическим веществом растительного происхождения, и локализации наиболее богатых руд там, где сероцветы граничат с желтоцветными эпигенетически окисленными породами. Реже отмечаются примеры локализации оруденения на постседиментационном восстановительном геохимическом барьере.

Все урановые объекты находятся в водоносных горизонтах. Подавляющее большинство проявлений урана располагается в пределах абсолютных отметок +70—+150 м (рис. 6), т.е. выше местного базиса эрозии (переуглубленного в неогене древнего русла р. Камы).

Экзогенное происхождение проявлений урана в районе не вызывает сомнений. По условиям образования они являются разновидностью классического инфильтрационного типа руд, связанных с фильтрацией подземных кислородных вод пластовой и грунтовой циркуляции [1]. Формирование их было многостадийным. Выделено два основных этапа накопления урана: позднепермский в условиях син-диагенеза осадка с образованием убогой минерализации и мезо-кайнозойский с образованием относительно богатых руд. Источником урана служили его первичные концентрации во вмещающих породах, в том числе и в красноцветных отложениях. Как показали исследования

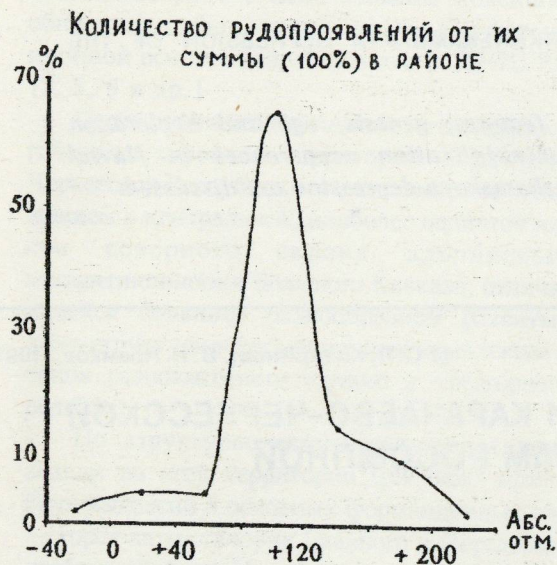


Рис. 6. Гипсометрическое положение проявлений урана в Верхнекамском районе.

автора, последние на многих площадях района характеризуются повышенными содержаниями урана, составляющими в среднем $3 \cdot 10^{-4}$ %, т.е. близкими к кларку урана в гранитах [8]. Предположение о местном источнике урана вытекает также из пространственной приуроченности оруденения к определенным стратиграфическим горизонтам, фациям и отсутствия в районе геологических предпосылок, с которыми можно было бы связать образование ураноносных растворов и поступление их с глубины.

Влияние нефти на формирование уранового оруденения в Верхнекамской впадине не установлено. В то же время известные в районе зоны осветления красноцветных пород с выделениями пирита, развивающиеся вдоль зон разломов, возможно, образовались при поступлении газов, вод с восстановительными свойствами и продуктов нефти по разломам. Это, в свою очередь, позволяет допустить возникновение в проницаемых породах эпигенетических восстановительных (сульфидных, газовых) геохимических барьеров на пути движения кислородных ураноносных вод и формирование месторождений урана в структурно-геохимических обстановках, отличных от рассмотренных выше.

Проявления урана в верхнепермской красноцветной формации Предуралья служат

одним из примеров широко распространенного оруденения в погребенных палеорусловых эрозионных и эрозионно-тектонических структурах [2, 4, 7]. С этим типом структур в мире, в том числе и в России, связаны промышленные месторождения. Это главным образом небольшие и средние по запасам объекты. Крупные месторождения в таких структурах единичны. В Верхнекамской впадине выявлены только незначительные по запасам месторождения и множество проявлений урана, оценка которых не производилась вообще или производилась с небольшим объемом бурения, что при сложной морфологии рудных тел было недостаточно для их оценки. Широкое развитие в районе погребенных речных долин с благоприятными геолого-геохимическими обстановками на нескольких стратиграфических уровнях позволяет рассчитывать на положительный результат поисковых работ на уран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Максимова М.Ф., Шмариович Е.М. Пластово-инфильтрационное рудообразование. — М.: Недра, 1993.
2. Месторождения урана в палеодолинах Зауралья и Забайкалья / Авторы: И.Л.Лучинин, П.А.Пешков, А.В.Коченов и др. // Разведка и охрана недр. 1992. № 5. С. 12—15.
3. Многостадийное образование экзогенных концентраций урана в палеоруслах / Авторы: М.Н.Альтгаузен, А.Б.Халезов, В.И.Мальшев и др. // Геология рудных месторождений. 1975. № 1. С. 12—15.
4. О минералого-геохимических особенностях инфильтрационных урановых месторождений базального типа / Авторы: А.В.Коченов, А.Б.Халезов, Е.М.Шмариович и др. // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 1. С. 123—132.
5. Халезов А.Б., Воронкевич Л.В. Экзогенные концентрации урана в палеоруслах // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 1. С. 122—129.
6. Халезов А.Б., Авдонин А.С. Коффинит из красноцветной толщи // Советская геология. 1974. № 3. С. 34—38.
7. Халезов А.Б. Геологические и минералого-геохимические особенности стратиформного уранового оруденения в палеоруслах / Условия образования редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. Тез. докл. — М.: АН СССР, 1982. С. 143—144.
8. Халезов А.Б. Основные типы уранового оруденения востока Русской платформы, их генезис и перспективы // Руды и металлы. 1996. № 2. С. 48—53.

A. B. Khalezov

URANIUM ORE POTENTIAL OF THE VERKHNEKAMSKAYA DEPRESSION OF THE RUSSIAN PLATFORM

Localization regularities, compositional features, genesis, age and exploration criteria characterizing uranium ore mineralization occurrences in fluvial intraformational structures of the Verkhnekamskaya depression are discussed.

УДК 553.411:551.262(470.63)

© С. Л. Казаринов, В. Н. Новиков, 1997

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПО ПЕРСПЕКТИВАМ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ

С. Л. КАЗАРИНОВ, В. Н. НОВИКОВ (ЦНИГРИ МПР России)

Выделено 11 прогнозно-поисковых площадей различной степени перспективности и определены три основных района возможной попутной золотодобычи из месторождений песчано-гравийных строительных смесей (ПГС) в Карачаево-Черкесской Республике.

Территория Карачаево-Черкесской Республики охватывает центральную, наиболее продуктивную часть Северо-Кавказской золотороссыпной провинции. За период активной золотодобычи из россыпей с 1933 по 1951 г. в этом районе было получено 832 кг учтенного золота, что составляет 64,4 % от общего его количества, добытого на Северном Кавказе в советское время [4]. Из-за относительно низкой рентабельности золотодобывающих предприятий эксплуатация месторождений была приостановлена, но территория до настоящего времени сохраняет значительные ресурсы россыпного золота, и в последнее время предпринимаются активные попытки к их переоценке и реализации.

Вместе с тем, в условиях переживаемого Россией экономического спада и качественного ухудшения минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности особую актуальность приобретают нетрадиционные источники благородных металлов, в частности, попутная их добыча при разработке месторождений песчано-гравийных строительных смесей (ПГС).

Распределение россыпной золотоносности в пределах Карачаево-Черкесской Ре-

спублики весьма неравномерно и зависит от целого ряда факторов. Среди них выделяются две ведущие группы. К первой группе относятся структурно-металлогенические факторы, определяющие рудно-россыпной потенциал площадей, ко второй — экзогенно-динамические (структурно-геоморфологические, неотектонические, климатические, седиментационные) факторы, определяющие условия гипергенной переработки рудного вещества, перераспределения и локализации полезных компонентов в промышленно значимых концентрациях. Обе группы факторов объективно взаимонезависимы, что создает определенные сложности при типизации золотороссыпных площадей. Для максимального учета всех факторов, контролирующих россыпеобразование, необходимо совмещение схем структурно-металлогенического и экзогенно-динамического районирования. При этом в каждой схеме должны быть использованы однопорядковые (равномасштабные) разбраковочные критерии. В масштабе регионального районирования оптимальным представляется уровень структурно-вещественных парагенетических комплексов — геологических, геоморфологических, рудных и россыпных формаций. В

настоящей работе использованы новейшие общие классификационные схемы на формационной основе, разработанные в ЦНИГРИ [2, 3, 5 и др.]

Особенности геологического и геоморфологического строения территории Карачаево-Черкесской Республики определяются ее положением в центральной, наиболее поднятой части северного склона альпийского мегаантиклинория Большого Кавказа, отличающейся большим разнообразием развитых здесь структурно-формационных комплексов и типов разновысотного горного и предгорного рельефа.

По структурно-металлогеническим признакам на этой территории (рисунок) может быть выделено 5 основных формационных зон — горст-антиклинорий Главного и Передового хребтов, Лабино-Малкинская структурно-фациальная зона, Северо-Кавказская моноклинали и Предкавказский краевой (передовой) прогиб [1].

Горст-антиклинорий Главного хребта (I) сложен складчато-метаморфогенным и магматическим комплексом протерозоя (байкалиды), наложенным позднепалеозойским (герцинским) гранитоидным комплексом батолитовой формации и частично молодым альпийским комплексом вулканитов андезит-дацитов формации. Соответственно, достаточно широк спектр возможных рудных проявлений золота, прежде всего, золото-сульфидно-кварцевой формации, реже золото-кварцевой, золото-полисульфидно-кварцевой и золото-адуляр-кварцевой формаций, а также золото-содержащих рудных формаций меди и полиметаллов. Для всех рудных формаций (исключая золото-кварцевую малосульфидную) характерно мелкое и тонкодисперсное золото, нередко в значительной степени связанное в сульфидах.

Горст-антиклинорий Передового хребта (II) представлен герцинским складчатым комплексом миогеосинклинальных осадочных и магматогенных формаций, который определяет развитие в его пределах проявлений преимущественно золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной (из семейства колчеданных) рудных формаций. Значительный золотопроизводящий потенциал герцинид подтверждается развитием в их пределах формационного комплекса позднеорогенных красноцветных золотоносных моласс.

На севере герциниды Передового хребта частично перекрыты нижнеюрским терригенно-карбонатным комплексом, что резко снижает их золотороссыпной потенциал, который в пределах этой подзоны (III) активно проявляется лишь в эрозионных окнах (Урупское рудное поле и др.).

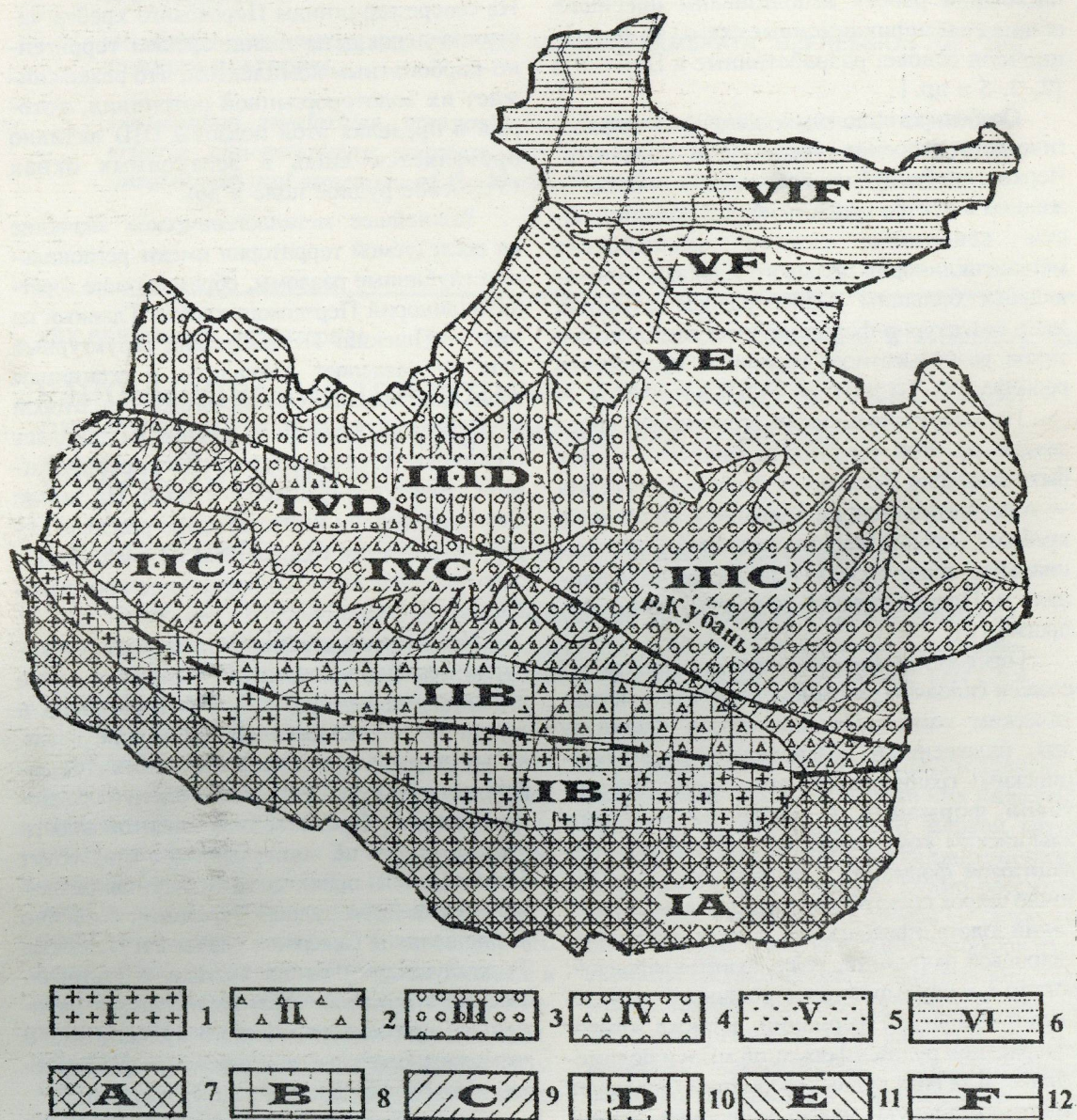
Важнейшее металлогеническое значение на исследуемой территории имеют региональные глубинные разломы, обрамляющие горст-антиклинорий Передового хребта. Главный из них — Пшекиш-Тырныаузский структурный шов — разделяет байкалиды и герциниды вдоль оси Главного Кавказского хребта. Второй — Северный глубинный разлом — отделяет герциниды от мезозойской Лабино-Малкинской структурно-фациальной зоны. На западе Северный разлом частично трансгрессивно перекрыт нижними горизонтами мезо-кайнозойского терригенного платформенного комплекса Скифской плиты.

Мезозойская Лабино-Малкинская структурно-фациальная зона (IV) сложена слабо дислоцированным комплексом терригенной и терригенно-вулканогенной формаций с локальным развитием формаций малых раннеорогенных интрузий умереннокислого и среднего составов. Существенной золотоносности этот комплекс не несет, однако с ним могут быть связаны проявления золото-кварцевой малосульфидной рудной формации, особенно в зоне влияния Северного разлома и Пшекиш-Тырныаузского шва на востоке территории. Там же в пределах зоны наблюдаются наложенные проявления молодого вулканизма, и возможны проявления золото-адуляр-кварцевой и золото-серебряной рудных формаций.

Северо-Кавказская моноклинали (V) образована слабодислоцированной терригенно-карбонатной платформенной формацией мел-палеогенового возраста и золотороссыпного потенциала практически не имеет.

Предкавказский (Восточно-Кубанский) краевой (передовой) прогиб (VI) выполнен терригенной молассоидной формацией. Достаточно пестрые по составу рыхлые кайнозойские отложения могут быть обогащены мелким и тонкодисперсным золотом за счет активного выноса из продуктивных горных районов и, соответственно, служить промежуточными коллекторами при формировании вторичных россыпных концентраций.

По структурно-геоморфологическим при-



Прогнозно-поисковое районирование территории Карачаево-Черкесской Республики.

Структурно-металлогенические (россыпеконтролирующие) зоны: 1 — Главного Кавказского хребта, 2 — Передового хребта, 3 — Лабино-Малкинская, 4 — площади перекрытия герцинид Передового хребта мезозоидами Лабино-Малкинской зоны, 5 — Северо-Кавказская моноклираль, 6 — Предкавказский прогиб. Экзогенно-динамические (россыпелокализующие) зоны: 7 — молодые горы, 8 — внутригорная приразломная депрессия, 9 — блоково-глыбовые возрожденные горы, 10 — межгорная депрессия, 11 — куэстовые возрожденные горы, 12 — молодая платформа. IA, IB, IIB, ..., VIF — прогнозно-поисковые площади (пояснения в тексте).

знакам на исследуемой территории выделяется шесть самостоятельных зон: молодые, активно воздымающиеся горы Главного хребта (A), внутригорная депрессия (B), возрожденные горы Передового хребта (C), эрозионно-структурная межгорная депрес-

сия (D), куэстовые горы Скалистого хребта (E) и предгорная равнина (F).

Зона Главного хребта (A) характеризуется резко расчлененным альпинотипным рельефом. Парагенетический комплекс развитых здесь форм рельефа и коррелирующие с ними

динамические фации терригенных отложений характерны для золотороссыпной формации (ЗРФ) молодых гор, в составе которой могут формироваться лишь небольшие мелкозалегающие россыпи. Месторождения ПГС и, соответственно, перспективы попутной золотодобычи, с ними связанные, в этой зоне практически отсутствуют.

Внутригорная депрессия (В), отделяющая Главный Кавказский хребет от Передового, приурочена к зоне Пшекиш-Тырныаузского структурного шва и имеет в основном структурный характер. Она лишь незначительно отличается по абсолютным отметкам от соседних горных зон, но для долин Главного хребта служит зоной разгрузки значительной части терригенного материала. Совместное развитие ЗРФ молодых и возрожденных гор с элементами подформации переходных зон контрастного типа [2] на этой территории делает возможным обнаружение широкого спектра морфогенетических типов россыпей, в том числе и небольших месторождений ПГС с достаточно высокими содержаниями золота.

Блоково-глыбовые горы Передового хребта (С) характеризуются резко расчлененным структурированным рельефом с многочисленными локальными седиментационными ловушками, связанными с резкими пространственными изменениями режима флювиальных, гляцигенных и склоновых процессов. В относительно опущенных блоках наблюдаются значительные расширения речных долин, выполаживание и фрагментарная террасированность их бортов, частичное сохранение реликтов древних поверхностей выравнивания на водораздельных пространствах и, соответственно, расширение фациального спектра и заметные колебания мощности рыхлых отложений. Особенности формирования рельефа и осадочного комплекса этой зоны определяют развитие в ней ЗРФ возрожденных гор. Для нее наиболее характерны аллювиальные мелкозалегающие долинные россыпи, пространственное распределение и насыщенность которых во многом контролируются межблоковыми неотектоническими разломами. Для формирования месторождений ПГС зона в целом малоблагоприятна.

В зоне Лабино-Зеленчукской межгорной структурно-эрозионной депрессии (D) развит холмисто-увалистый эрозионно-денудационный рельеф со сглаженными выположенными

водоразделами и корытообразными речными долинами с широкими полями террас, vyplненных четвертичными галечниками, мощность которых в отдельных разрезах достигает десятков метров. По периферии депрессии галечники залегают на высоких цокольных террасах (месторождение Кумыш-Баши и др.), а в центральной ее части, в объединенной долине рек Малого и Большого Зеленчука террасы имеют аккумулятивный и, нередко, вложенный характер. Указанный парагенезис форм рельефа и комплекса отложений характерны для ЗРФ переходных зон подформации дифференцированного площадного типа. Ей свойствен широчайший спектр морфогенетических типов россыпей и их промышленно-технологических разновидностей. Активный, резко изменяющийся в пространстве динамический режим формирования флювиальных толщ в пределах зоны способствует обогащению их кластогенным золотом различных классов крупности. Соответственно, месторождения ПГС здесь могут быть как достаточно объемными, так и высокорентабельными для попутного извлечения золота.

Куэстовая гряда Скалистого хребта (Е) представляет собой неотектонически приподнятый южный фланг Северо-Кавказской моноклинали. При пересечении гряды крупными долинами на цокольных террасах участками сохраняются древние флювиальные отложения значительной мощности (Джегутинское месторождение и др.). В северной, части гряды (с пологими склонами) долины рек постепенно расширяются, их борта выполаживаются, рельеф из горного переходит в холмисто-увалистый. Режим русловых процессов в этом направлении сменяется с инстративного (врезания) на перстративный (равновесный), соответственно увеличивается мощность и изменяется состав руслового аллювия. Седиментационно-геоморфологический парагенезис зоны Скалистого хребта соответствует ЗРФ переходных зон подформации слабо дифференцированного площадного типа. Для нее типичны аллювиальные русловые и террасовые россыпи простого строения. Месторождения ПГС в русловых и террасовых отложениях относительно невелики по объему.

Важнейшей в отношении ПГС является зона предгорной холмистой денудационно-аккумулятивной равнины (F) на севере терри-

тории Карачаево-Черкесской Республики. Долины рек в ее пределах выработаны в слаболитифицированных палеоген-неогеновых отложениях, имеют комплекс низких молодых аккумулятивных террас, а также серию высоких цокольных террас апшерон-среднеплейстоценового возраста, которые образуют на водораздельных пространствах почти непрерывный покров песчано-гравийно-галечных отложений мощностью до нескольких десятков метров. В них эксплуатируется целый ряд месторождений ПГС, которые имеют достаточно широкие перспективы наращивания запасов. В отношении россыпной золотоносности эта зона представлена формацией устойчивых платформ, для которой характерны лишь локальные косовые концентрации в русловых фациях аллювия и широкая рассеянная золотоносность флювиальных отложений за счет преимущественно аллохтонного золота мелких и тонких классов крупности.

Перечисленные выше зоны развития россыпеобразующих структурно-металлогенических и россыпелокализирующих экзогенно-динамических формационных комплексов позволяют выделить площади различной степени перспективности месторождений ПГС в отношении попутной золотодобычи. Они являются основой для прогнозной оценки территории и определения рационального направления ГРП и, соответственно, могут быть названы прогнозно-поисковыми. При этом необходимо отметить, что достаточно высокий уровень общей золотоносности территории (региональный фон) позволяет сохранять определенные перспективы для самых неблагоприятных площадей. Рассмотрим их в порядке нарастания номеров исходных зон.

Площадь 1А охватывает полосу на крайнем юге республики и полностью соответствует зоне молодых активных гор в пределах горст-антиклинория Главного Кавказского хребта. Отсюда минимальные перспективы золотоносности, связанные с ПГС. Вместе с тем, на этой площади известно небольшое Гоначхирское проявление ПГС в верховьях р.Теберды с повышенными содержаниями шлихового золота.

Две следующие площади (IВ, IIВ) объединяются внутригорной депрессией, приуроченной к Пшекиш-Тырныаузской шовной зоне. Поэтому максимальные перспективы зо-

лотоносности ПГС, подтверждаемые наличием богатых шлиховых ореолов и промышленных россыпей в долинах, предполагаются для площадей, расположенных непосредственно севернее, т.е. ниже по течению основных рек от оси Пшекиш-Тырныаузского разлома — в пределах зоны герцинид (IIВ) и особенно в полях развития нижнепермских золотоносных конгломератов.

В пределах зоны Передового хребта выделяются три прогнозно-поисковые площади (IIC, IIIC и IVC). Объединяют их очень ограниченные по объему грубообломочные проявления ПГС. Использование их для попутного извлечения золота может быть рентабельно лишь при достаточно высоких содержаниях (сотни мг/м³). Такие содержания в русловых отложениях наблюдаются по данным поисковых и эксплуатационных работ предшествующих лет по долинам рек, дренирующих миогеосинклинальные и орогенные (золотоносные конгломераты) герцинские комплексы. При этом в зоне герцинской миогеосинклинали кластогенное золото в ПГС может иметь широкий спектр классов крупности (от тонкого до крупного и самородкового), а в зоне золотоносных моласс золота преимущественно мелкое, пластинчатое.

На площади герцинид, перекрытых отложениями юры (IIIC), золотоносность четвертичного аллювия заметно уменьшается и приурочена, главным образом, к эрозионным окнам в юрском покрове (р.Уруп). На этом участке обследовано одно небольшое рудопоявление ПГС (Урупское) без утвержденных запасов, расположенное на правом борту долины р.Уруп, непосредственно ниже устья р.Бульварка. Для промышленных нужд рудника Уруп здесь разрабатывается локальный фрагмент 10—15-метровой аккумулятивной террасы. Мощность разрабатываемой гравийно-галечной толщи 10 м. Содержание золота в песчаной фракции (<5 мм) достигает 22,5 мг/м³. Выход песчаной фракции — 25—30 %.

В восточной части территории республики горы Передового хребта переходят из зоны герцинского горст-антиклинория в Лабино-Малкинскую структурно-фациальную зону среднего мезозоя (IVC), золотоносность которой заметно ниже. Реально она проявляется лишь в долинах рек Кубани и Теберды непосредственно

редственно выше г.Карачаевска. Месторождений ПГС на этой площади не установлено.

В зоне структурно-эрозионной депрессии выделяются две площади, близкие по исходной продуктивности песчано-гравийных строительных смесей, но существенно различные по объему возможных перспективных месторождений. Первая, южная площадь (IIIД) находится в пределах части герцинского горст-антиклинория, перекрытой отложениями мезозоя. Перспективы этой площади относительно невелики вследствие ограниченных запасов сырья. В ее пределах известно одно небольшое не эксплуатирующееся месторождение ПГС в пойме р.Большой Зеленчук (Ермоловское). Это месторождение в процессе полевых работ не обследовалось. Вторая площадь, значительно более обширная (IVД), находится в пределах мезозойд Лабино-Малкинской структурно-фациальной зоны. В долинах всех крупных рек на этой площади сосредоточены значительные массы рыхлых четвертичных отложений аллювиального и флювиогляциального генезиса, пригодных в качестве строительных ПГС. Вместе с тем здесь отрабатываются только четыре небольших (первые млн. м³) месторождения (Сары-Тюз и Кумыш-Баши в долине р.Кубани, Смаглинское в долине р.Большой Зеленчук и, частично, Преградненское в долине р.Уруп). По данным проведенного авторами оперативного опробования, наиболее высокие содержания золота отмечаются в пойменных месторождениях (Сары-Тюз — до 575 мг/м³ песков фракции -5 мм, Преградненское — до 147,4 мг/м³). Древние, ниже-среднеплейстоценовые галечники, разрабатываемые на IV—VI цокольных террасах, значительно менее золотоносны (Кумыш-Баши — до 16,7 мг/м³, Смаглинское — до 7,2 мг/м³ песков фракции -5 мм). Это объясняется, по-видимому, еще недостаточным в раннем-среднем плейстоцене эрозионно-денудационным срезом в главной для депрессии питающей золотоносной зоне Передового хребта. По данным опробования, отложения III надпойменной террасы р.Кубань позднеплейстоценового возраста ниже Сары-Тюза содержат 46,9 мг/м³ золота, т.е. имеют промежуточные значения, что в целом подтверждает сделанный выше вывод.

Куэстовые горы Скалистого хребта, как отмечалось, составляют кожное, наиболее приподнятое крыло Северо-Кавказской моноклинали и соответствуют прогнозно- поиско-

вой площади VE. Не обладая собственным золотороссыпным потенциалом и достаточно благоприятными условиями для формирования значительных масс золотоносных флювиальных отложений, площадь является малоперспективной для попутной золотодобычи. Вместе с тем, здесь в настоящее время достаточно активно разрабатываются три месторождения ПГС, два из которых относятся к категории средних для территории республики (свыше 5 млн. м³ по разведанным запасам). На месторождении строительных песков Кубанское освоена добыча гидравлическим способом современных донных песков из русла р.Кубань, непосредственно у верхнего замыкания Кубанского водохранилища. Резкая смена динамического режима и разгрузка литопотока снижает золотоносность русловых фаций, поэтому содержания золота в песках чрезвычайно убоги (не более 2,1 мг/м³). Два других месторождения приурочены к V высокой цокольной террасе р.Кубань (Байтал-Чапганское на левом борту и Джегутинское — на правом) и являются близкими аналогами месторождения Кумыш-Баши. Соответственно близки и содержания золота в галечниках этих месторождений — до 6,1 мг/м³ на Байтал-Чапганском и до 16,4 мг/м³ на Джегутинском.

Площадь на севере зоны Северо-Кавказской моноклинали (VF) относится к области молодой платформы. Здесь резко расширяются поля развития высоких террас и, соответственно, увеличивается объем потенциальных месторождений строительных ПГС в отложениях нижнего—среднего плейстоцена. Однако содержания попутного золота в этих отложениях, по-видимому, как и на предшествующих площадях, относительно низкие. Разведанных месторождений в настоящее время на площади нет.

Более перспективной представляется площадь в пределах молодой платформы на палеоген-неогеновом терригенном субстрате Предкавказского краевого (передового) прогиба (VIF). Перспективы ее определяются длительным положением в зоне разгрузки основного флювиального литопотока, что определяет обогащение четвертичных отложений аллювиального и флювиогляциального генезиса золотом мелких и тонких классов крупности, как за счет выноса из области питания, так и, возможно, за счет частичного перемыва тонкой молассы

Предкавказского прогиба. Объем ПГС в пределах площади практически не ограничен. В настоящее время активно эксплуатируется шесть месторождений, в т.ч. крупнейшее в республике — Воротниковское, расположенное на V надпойменной террасе в междуречье рр.Большого Зеленчука и Кубани. Результаты их рекогносцировочного опробования подтверждают общую закономерность распределения золота по террасовым уровням, отмеченную на соседних площадях. Наиболее высокие содержания отмечаются в месторождениях, разрабатываемых на нижних аккумулятивных террасах. В небольшом месторождении Эркен-Юрт на II надпойменной террасе р.Кубань содержания золота в песках-отсевах достигают 234 мг/м³. На месторождении Садовое (III верхнеплейстоценовая терраса р.Кубань) в исходных галечниках содержания золота не превышают 8,5 мг/м³, однако в хвостах пескомоечных машин на пункте переработки ПГС выявлено до 299,2 мг/м³. При этом в пробах устойчиво выявляется большое количество (сотни знаков) золота очень мелкого и тонкого классов крупности (менее 0,1 мм). На месторождениях, разрабатываемых на высоких террасах, в отложениях среднего—нижнего плейстоцена содержания золота колеблются от 4,6 мг/м³ (Эркен-Халк — на междуречье рек Большой и Малый Зеленчук) до 46 мг/м³ в песчаной фракции -5 мм (Черкесское — на правом борту долины р.Кубань у г.Черкесска).

Таким образом, на территории республики может быть выделено 11 площадей различной степени перспективности. Максимальные

перспективы для попутной добычи золота из месторождений ПГС устанавливаются для площади предгорной равнины (VIF), в пределах которой разрабатываются наиболее многочисленные и крупные месторождения. Несколько менее перспективной представляется площадь IVD в пределах эрозионно-структурной депрессии Лабино-Малкинской структурно-фациальной зоны, а также по комплексу косвенных признаков площадь ПВ в пределах северной части внутригорной депрессии Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны. Определенные, хотя и весьма ограниченные, перспективы возможны на площадях в пределах горст-антиклинория Передового хребта и в долинах крупных рек, прорывающих Скалистый хребет, минимальные — в горах Главного Кавказского и восточной закубанской части Скалистого хребтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Т. I. — М.: Недра, 1968.
2. Казаринов С.Л. Формационный подход к золотороссыным объектам как основа их типизации // Руды и металлы. 1996. № 2. С. 65—76.
3. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. — М.: Недра, 1991.
4. Тамбиев А.С. Проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевых ресурсов Карачаево-Черкесской Республики. // Разведка и охрана недр. 1995. № 11. С. 6—9.
5. Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 31—41.

S. L. Kazarinov, V. N. Novikov

DEMARKATION OF AREAS PROMISING FOR GOLD PLACER OCCURRENCES IN THE KARACHAEVO-CHERKESSKAYA REPUBLIC

Eleven promising areas of different exploration priority and three major districts of probable gold co-production from building-grade sand-gravel mixture deposits have been established in the Karachaevo-Cherkesskaya Republic.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 528.94 (571.15): 553.63.12

© А. В. Коплус, О. З. Алиева, 1997

СРЕДНЕМАСШТАБНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФЛЮОРИТОНОСНОСТИ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ГОРНОГО АЛТАЯ

А. В. КОПЛУС, О. З. АЛИЕВА (ВИМС МПР России)

Рассмотрены геологическое строение и перспективы флюоритоносности ряда районов северо-востока Горного Алтая с составлением для них структурно-формационной, минерагенической и прогнозной карт масштаба 1:200 000. На основе формационного анализа и созданных прогнозно-геологических моделей выделены флюоритоносные и потенциально флюоритоносные районы и рудные узлы. Прогнозные площади ранжированы по степени перспективности, намечены возможные методы их дальнейших исследований.

Основной целью среднемасштабного (1:200 000) прогнозирования является выделение потенциально рудных районов и узлов, оцененные прогнозные ресурсы (категория P_3) которых свидетельствуют о возможности открытия промышленных месторождений [8].

Учитывая важность расширения минерально-сырьевой базы флюорита России [7], авторы выполнили прогнозную оценку на этот вид полезных ископаемых ряда районов северо-восточной части Горного Алтая — региона, наиболее перспективного для выявления промышленных концентраций плавиковошпатовых руд в Алтае-Саянской складчатой области (АССО). Эта область относится к новым (по сравнению с традиционными областями Забайкалья и Приморья) флюоритоносным провинциям нашей страны и характеризуется развитием разнообразных типов минеральных образований, содержащих плавиковый шпат. Однако только с одним из них — флюоритовым гидротермальным (эпитермальным) — связана возможность обнаружения на территории АССО собственно плавиковошпатовых месторождений, в том числе крупных, с высококачественными рудами, пригодными для получения остродефицитных в Российской Федерации природных флюоритовых кусковых концентратов и флотоконцентратов высоких марок [4].

Теоретической основой настоящей работы

послужили подготовленные в 1995 г. ВИМСом «Методические рекомендации по составлению прогнозно-минерагенических карт 1:200 000 масштаба на флюорит». Наряду с другими материалами в этом пособии приведены критерии прогноза плавиковошпатового оруденения, одни из которых уточнены по сравнению с ранее известными, а другие получили новую интерпретацию в связи с более глубокой разработкой генетической модели эпитермального флюоритообразования. Впервые обосновано, к примеру, важное значение для фторовой минерагении формационного состава комплексов нижнего структурного этажа флюоритоносных районов — досреднерифейских метаморфитов континентальной коры и перекрывающих их шельфовых терригенно-кремнисто-карбонатных формаций, а также других факторов, влияющих на формирование и размещение плавиковошпатового оруденения.

Геологическое строение и история развития АССО достаточно полно проинтерпретированы с мобилистских позиций [3, 9]. Установлено, что доминирующие в регионе салаирские и собственно каледонские структуры являются гетерогенными аккреционными мозаично-блоковыми зонами, которые, тем не менее, различаются по набору преобладающих формаций, развивавшихся в геодинамически различных условиях.

Проведенный анализ показал [1], что практически все площади с эпитеpmальной флюоритовой минерализацией АССО локализованы в салаиридах. Подобная закономерность связана с тем, что именно в салаирских зонах, в отличие от собственно каледонских, преобладают благоприятные для флюоритообразования комплексы нижнего структурного этажа (блоки докембрийских микроконтинентов и их терригенно-кремнисто-карбонатных чехлов), изначально характеризующиеся повышенной фтороносностью. В ходе орогенеза в составе салаирид появились покровы офиолитов, островодужные блоки и батолиты гранит-гранодиоритов. В девонское время на гетерогенный цоколь салаирид и каледонид Горного Алтая был наложен надсубдукционный вулканоплутонический пояс, а в постгерцинский этап — ареал активизационных (коллизийных) интрузий гранит-лейкогранитовой формации [3]. Начиная с конца перми в регионе установился постколлизийный рифтогенный режим («рассеянный спрединг»), который преобладал и в триасе, а с мелового времени область развивалась как эпипалеозойская платформа. Возраст известного здесь флюоритового оруденения оценивается по-разному, от девонского до постнижнеюрского; специальное рассмотрение этого вопроса [5] позволило нам коррелировать становление эпитеpmальных плагиоклазовых месторождений и рудопроявлений со временем завершения первого из двух металлогенических этапов ($P-T$ и $J_2-J_3-K_1$), выделяемых некоторыми исследователями в схеме мезозойского магматизма и рудогенеза АССО. Близкие плагиоклазовому оруденению по возрасту позднепалеозойско-раннемезозойские магматические образования представлены поясами лампрофир-диабазовых даек, локальными полями траппов и небольшими штоками щелочных гранитов. Однако контроль проявлений флюорита со стороны этих, вероятнее всего, предрудных магматитов отсутствует. Оруденение формировалось на фоне происходившего подновления старых и возникновения новых региональных разломов и оперяющих нарушений. Руды отлагались в близповерхностных условиях при структурной и физико-химической открытости минералообразующей системы, из сред-

не-низкотемпературных, недосыщенных кальцием растворов, сопоставимых с фтороносными минерализованными экзогенными водами. Источником минерального вещества для них, вероятнее всего, служили те магматиты девонских вулканоплутонических поясов и позднепалеозойские гранит-лейкограниты, которые локализованы в пределах венд-нижнекембрийских терригенно-карбонатных блоков нижнего структурного этажа региона [1]. По эпигенетическому характеру флюоритовое оруденение сходно с другими, близкими ему по времени образования, эпитеpmальными рудными формациями Горного Алтая. Определяющее значение в их формировании древних трещинных вод приподнятых блоков пород и, особенно, пластовых вод палеоартезианских бассейнов, связанных с герцинскими прогибами и впадинами, убедительно показано А.С.Борисенко [2].

Месторождения и рудопроявления флюорита, как правило, жильные, представлены главным образом крутопадающими телами выполнения и зонами минерализованных брекчий в тектонических нарушениях среди алюмосиликатных и, реже, карбонатных пород. Размеры рудных тел сильно варьируют по простиранию, падению и мощности. Содержание флюорита в них составляет первые десятки процентов, достигая на отдельных участках жил 70—75 % и даже выше. На глубине рудные тела зачастую переходят в существенно кварцевые или кальцитовые. Одновременно в них иногда возрастает роль сульфидов. По составу рудные объекты кварц-флюоритовые, кальцит-(кварц)-флюоритовые, кальцит-(барит)-флюоритовые, барит-(кварц, кальцит)-флюоритовые и сульфидно-флюоритовые. В пределах рудных районов и узлов обычно доминируют плагиоклазовые проявления какого-либо одного минерального типа при подчиненном значении других. Однако на площадях крупных минерогенических зон эпитеpmальные проявления разного состава нередко связаны переходами по латерали со смешанной малосульфидной оруденения сульфидным флюоритовым. Вместе с тем, будучи одним из самых молодых, эпитеpmальное оруденение нередко пространственно ассоциирует с более древними рудными комплексами. Особенно часто ареалы развития

проявлений флюорита накладываются в разных районах на зоны редкометальной (W, Mo, Sn, Be), редкоземельной, полиметаллической и другой минерализации.

Все сказанное относится и к территории прогнозирования, выбор которой определяется возможностью расширения ее промышленных перспектив. Располагаясь между южной границей Кузнецкой впадины (на севере), северным замыканием Уйменской впадины (на юге) и частью Лебедской депрессии (на западе), эта территория характеризуется сочленением салаирского и герцинского структурных этажей. Салаириды отличаются сложным мозаично-блоковым строением и представляют нижний структурный этаж. Герцинский этаж сложен молассово-вулканогенными отложениями Горноалтайского девонского вулканоплутонического пояса, локализованными в грабен-синклинальных структурах, наложенных на салаирское основание.

Прогностически значимыми для флюоритового оруденения являются венд-раннекембрийские терригенно-карбонатные формации салаирид, под которыми предполагаются реликты докембрийской коры, девонские вулканиты соответствующих депрессий, комагматичные вулканитам интрузии и позднепалеозойские коллизионные аляскит-лейкогранитовые комплексы [4].

Наряду с другими площадями, в пределах прогнозируемой территории находится наиболее насыщенная проявлениями плавикового шпата северная часть региональной Каянчинско-Баратальской флюоритоносной минерагенической зоны, протягивающейся в субмеридиональном направлении более чем на 250 км [6]. Здесь же локализовано единственное на Горном Алтае Каянчинское месторождение плавикового шпата. Каянчинско-Баратальская флюоритоносная зона охватывает на севере южное замыкание Кузнецкой впадины и межвпадинный горстовый выступ салаирид с несколькими небольшими девонскими депрессиями, разграничивающий Кузнецкую и Уйменскую впадины.

При выполнении прогнозных построений возникли трудности, связанные с отсутствием структурно-формационной кар-

ты необходимой детальности по северной части флюоритоносной зоны и другим площадям, а также результатов геофизических и геохимических съемок масштаба 1:200 000 на изучаемую территорию. В процессе составления структурно-формационной карты — основы минерагенического районирования — литолого-стратиграфические подразделения (свиты, толщи) геологической карты (1:200 000 и, частично, 1:50 000) были нами интегрированы в формации и семейства формаций (рис. 1).

Среди венд-кембрийских стратифицированных отложений выделено сообщество прогностически значимых терригенно-кремнисто-карбонатных формаций, объединившее соответствующие породы ряда свит (нижней подсвиты манжерокской свиты, убинской, сийской, верхнеынйргинской). Данных о содержании фтора в терригенно-кремнисто-карбонатных салаирских формациях прогнозируемой площади нет, но аналогичные разрезы смежных зон Кузнецкого Алатау повышенно фтороносны (1750 г/т F при кларке для известняков 250 г/т).

Кроме семейства терригенно-кремнисто-карбонатных формаций в составе салаирского этажа выделены и оконтурены: терригенно-вулканогенная (сланцево-спилито-кератофировая) венд-раннекембрийская, андезитовая (андезит-туфо-граувакковая) ранне-среднекембрийская и кембро-ордовикская флише-молассовая формации. Первые две формации относятся по преимуществу к энсиматическим островодужным, а последняя является орогенной и соответствует этапу салаирской аккреции. Анализ карты показывает, что наибольшее распространение имеют породы прогностически значимых терригенно-кремнисто-карбонатных формаций.

Девонские стратифицированные отложения объединены в три ассоциации: нижнюю пестроцветную молассу (раннедевонскую), вулканогенную (ранне-среднедевонскую) толщу и верхнюю (надвулканогенную) пестроцветную молассу (позднедевонскую). Наиболее минерагенически значимая вулканогенная часть разреза впадин объединяет эффузивы базальт-андезит-дацит-липаритовой (с преобладанием андезитов) формации и верхнюю толщу (саган-

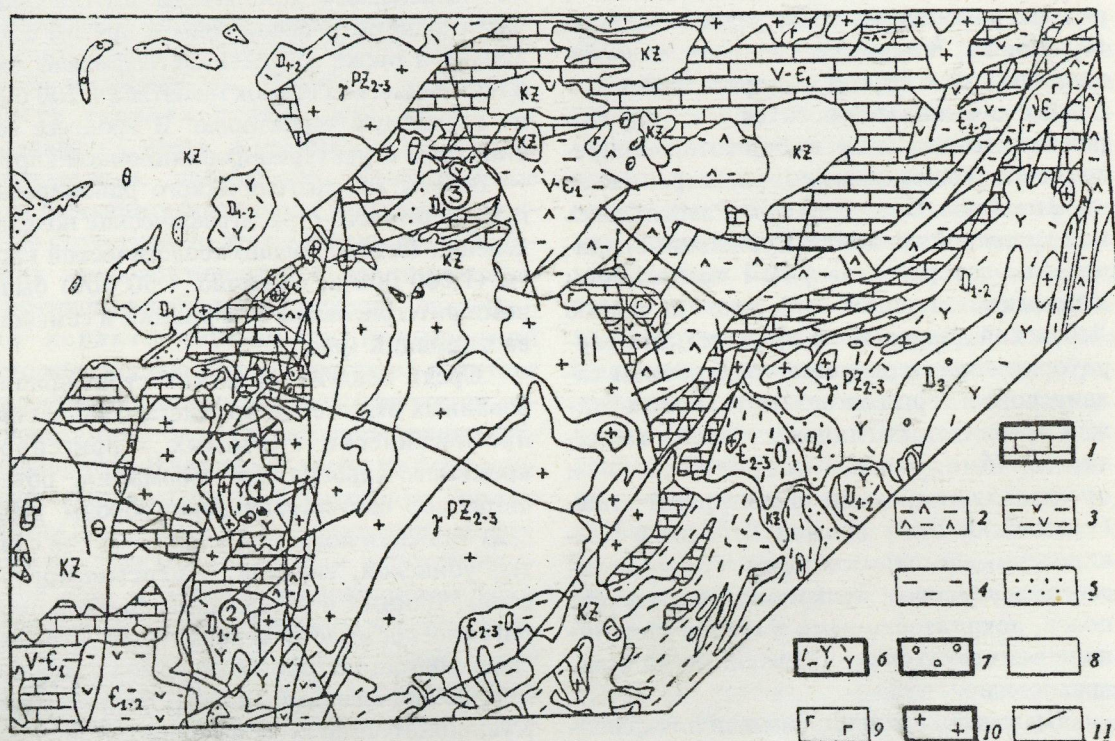


Рис. 1. Структурно-формационная карта северо-восточной части Горного Алтая, масштаб 1:200 000.

Геологические формации. Салаирский структурный этаж: 1 — карбонатная, терригенно-карбонатная шельфовые, V—E₁; островодужные энзиматические: 2 — сланцево-спилито-кератофировая, V—E₁; 3 — андезито-туфо-граувакковая и андезитовая E₁₋₂; 4 — флише-молассовая, аккреционная, E₂₋₃O₁; герцинский структурный этаж, вулканоплутонический пояс активной каледонской окраины: 5 — пестроцветная молассовая (нижняя), D₁; 6 — базальт-андезит-дацит-липаритовая (с преобладанием андезитов) и базальт-липаритовая (с преобладанием липаритов), D₁₋₂; 7 — пестроцветная молассовая (верхняя), D₃; 8 — терригенная континентальная нелитифицированная, K; 9 — габбро-диабазовая, E; 10 — гранит-лейкогранитовая, Pz₂₋₃; 11 — разрывные нарушения. Жирным контуром выделены формации, минералогически значимые для флюоритового оруденения.

скую свиту), принадлежащую базальт-липаритовой (с преобладанием липаритов) формации. Характерной особенностью вулканитов, особенно кремнекислых, является обогащенность щелочами ($K_2O + Na_2O > 8\%$, $K \geq Na$) и, отчасти, фтором. В западной части изучаемой территории прерывистая цепочка небольших, выполненных девонскими отложениями, впадин вытянута субмеридионально и представлена (на севере) Куреевской и рядом других депрессий, принадлежащих краевой части более крупной Богучанской впадины и, далее к югу, — Ужлепской и Чойской грабен-синклиналями. На востоке территории расположена северо-западная часть Лебедской девонской впадины. Лишь в разрезе ее пород присутствует пестроцветная надвулканогенная позднедевонская молас-

са. С определенной долей условности она также рассматривается нами как минералогически значимая, поскольку отложения этого уровня и состава на востоке АССО (в Минусинских впадинах) вмещают флюоритовое оруденение.

Интрузивные образования представлены небольшими и относительно редкими штоками кембрийских габброидов и широко развитыми массивами гранит-лейкогранитовой формации. Граниты составляют крупный Турочакский массив в центральной части площади, Частинский — на западе и ряд более мелких интрузий. Возраст гранитов дискуссионен: среди них иногда выделяют силурийские (Турочакский массив) и комагматичные вулканитам девонские интрузии (Частинский массив и более мелкие тела). Однако все эти граниты

петрохимически сходны друг с другом и широко развиты на Горном Алтае пермскими гранитами юстыдского комплекса и представлены умеренно щелочными двуполевошпатовыми гранит-лейкогранитами. Последние показаны на карте (см. рис. 1) как средне-позднепалеозойские. С учетом мнения А.Н.Леонтьева с соавторами [10], можно ожидать, что подавляющая их часть принадлежит пермскому юстыдскому комплексу. Не исключено, однако, что некоторые небольшие штоки и субвулканические тела в наложенных впадинах могут иметь девонский возраст. Пермские граниты юстыдского комплекса Горного Алтая содержат около 1600 г/т фтора и, если локализуются в структурно благоприятных зонах, являются минерагенически значимыми.

Значительная деструкция рассматриваемой территории определяет ее мозаично-блоковое строение. Преобладают разломные нарушения двух направлений: восток-северо-восточного (северо-восточного) и север-северо-восточного (до субмеридионального). Первая система нарушений возможно более древняя, но все разломы были активны при формировании девонских вулканотектонических впадин и подновлялись в этап позднепалеозойско-раннемезозойской рифтогенной активизации, то есть в период формирования эпитегрмального флюоритового оруденения. Минерагенически важными являются дизъюнктивы, ограничивающие и секущие девонские грабен-синклинали. В западной части территории прогноза это прежде всего разломы север-северо-восточного и субмеридионального направлений, в восточной — нарушения северо-восточной ориентировки в контакте Лебедской впадины.

Распределение всех выявленных критериев эпитегрмального плавиковошпатового оруденения — минерагенически значимых стратифицированных и интрузивных формаций, благоприятных блоковых и разрывных нарушений, а также месторождения, рудопроявления и точки минерализации флюорита показаны на минерагенической карте (рис. 2). Девонские депрессии или их части (минерагенически важные структуры) классифицированы по характеру цоколя, исходя из того, что на-

иболее перспективны те депрессии, в основании которых развиты терригенно-кремнисто-карбонатные формации венда-раннего кембрия, прорванные позднепалеозойскими гранитами. Достоверные (геофизические) данные о составе подстилающих отложений есть только для Ужлепской грабен-синклинали. Формационный состав цоколя остальных девонских впадин определен предположительно, на основе геологических реконструкций.

Каянчинское месторождение и значительное число флюоритовых рудопроявлений и точек минерализации эпитегрмального типа локализованы в пределах Ужлепской грабен-синклинали и ее горстовом обрамлении. Они контролируются зонами север-северо-восточных разломов, секущих субмеридионально цепочку девонских впадин и разделяющих их горстов.

Вторая, гораздо менее представительная группа точек флюоритовой минерализации, располагающаяся в блоке терригенно-карбонатных пород между северо-восточным контактом Турочакского гранитного массива и западной частью Лебедской впадины, контролируется зоной пересечения разломов северо-восточного простирания и «коротких» субмеридиональных нарушений.

Для повышения достоверности диагностики и вычленения из геологического поля Горного Алтая флюоритовых и потенциально флюоритовых районов и узлов (площадь $n \cdot 10^3 - n \cdot 10^2$ км²) составлена прогнозно-геологическая модель перспективных площадей, характеризующаяся следующими благоприятными критериями и признаками оруденения:

тектоническая позиция — расположение в ареале позднепалеозойско-раннемезозойской тектонической активизации Горноалтайского девонского вулканоплутонического пояса, в зоне его наложения на салаирское основание, при развитии в нижнем структурном этаже блоков, сложенных венд-раннекембрийскими терригенно-кремнисто-карбонатными формациями, а в верхнем этаже — девонских вулканотектонических депрессий;

структурная позиция — размещение на площадях, включающих группы небольших (10—60 км²) или краевые части

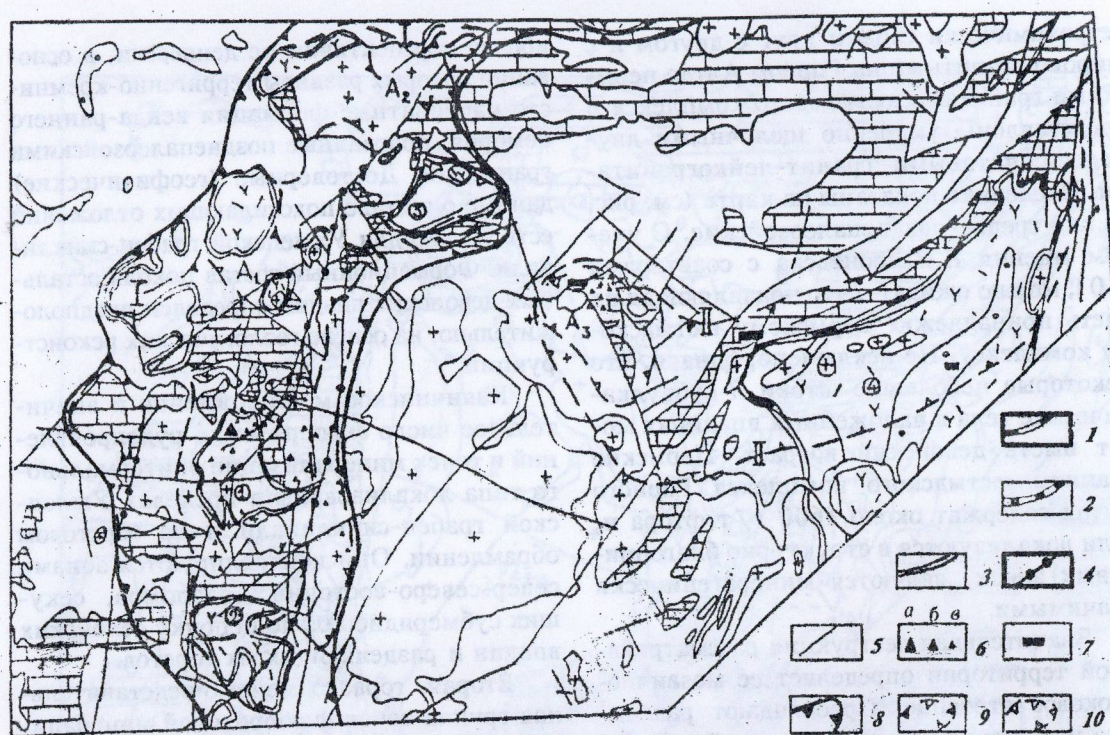


Рис. 2. Минерагеническая карта на флюорит северо-восточной части Горного Алтая, масштаб 1:200 000.

Границы девонских вулканотектонических впадин, подстилаемых: 1 — терригенно-карбонатными формациями венда-раннего кембрия и гранит-лейкогранитами среднего-позднего палеозоя, 2 — преимущественно терригенно-карбонатными формациями венда-раннего кембрия, 3 — другими неидентифицированными формациями; разрывные нарушения: 4 — рудоконтролирующие, 5 — прочие; 6 — флюоритоносные объекты эпитеермального типа: а — месторождения; б — рудопроявления; в — точки минерализации; 7 — рудопроявления фосфоритов; границы флюоритоносных и потенциально-флюоритоносных подразделений: 8 — минерагенических зон: Каян-чинско-Баратальской; 9 — районов: Богучанско-Ужлепско-Чойского (I), Турочакско-Лебедского (II); 10 узлов: Ужлепско-Чойского (A_1), Богучанского (A_2), Северо-Турочакского (A_3). Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

крупных девонских депрессий, наложенных на терригенно-карбонатные венд-раннекембрийские блоки салаирского основания, и охватывающих ближнее (6—8 км) горстовое обрамление этих депрессий;

магматические формации — вулканы раннего и среднего девона базальт-андезит-дацит-липаритовой (с преобладанием андезитов) и базальт-липаритовой (с преобладанием липаритов) формаций (в пределах вулканотектонических впадин), средне- и позднепалеозойские интрузии гранит-лейкогранитовой формации (в горстовом обрамлении и подошве девонских депрессий);

рудовмещающая среда — вулканы раннего-среднего девона (в депрессиях); венд-раннекембрийские терригенно-кремнисто-карбонатные формации и средне-

позднепалеозойские гранит-лейкограниты (в горстовом обрамлении депрессий);

фторная минерагения — рудопроявления и точки эпитеермальной минерализации кварц-флюоритового, карбонатно-флюоритового, барит-флюоритового и сульфидно-флюоритового состава;

сопутствующая минерагения — эндогенные проявления урана, молибдена, редких металлов, полиметаллов, сурьмы, ртути, кварцевых, баритовых и кальцитовых жил, рудопроявления фосфоритов.

Предложенная модель пригодна для выделения как потенциально флюоритоносных районов, так и рудных узлов, ибо, несмотря на различия в их размерах, те и другие минерагенические подразделения относятся к категории региональных и структурно и пространственно связаны между собой. Вместе с тем прогнозно-гео-

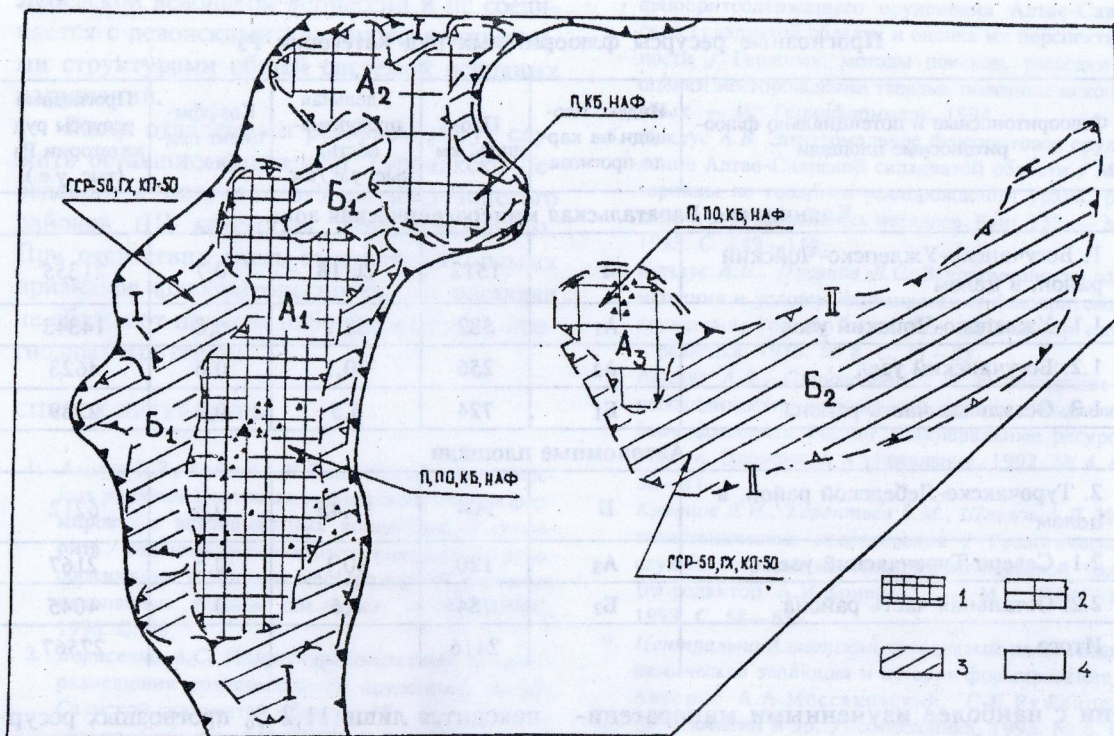


Рис. 3. Прогнозная карта флюоритонности северо-восточной части Горного Алтая, масштаб 1: 200 000.

Площади различных категорий перспективности: 1 — первой, 2 — второй, 3 — третьей, 4 — неперспективные. Площади флюоритонных районов за пределами рудных узлов: Б₁ — Богучанско-Ужлеспско-Чойского, Б₂ — Турочакско-Лебедского. Рекомендуемые виды работ: ГСР-50 — геолого-съемочные работы масштаба 1:50 000 с комплексными поисками, специализированными на флюорит; КП-50 — составление карты прогноза на флюорит масштаба 1:50 000, ГХ — геохимическая съемка, П — поисковые специализированные на флюорит работы масштаба 1:10 000 в полях развития прямых признаков оруденения, КБ — картировочное и поисковое бурение, ПО — поисково-оценочные работы в зоне Каянчинского месторождения и на перспективных проявлениях флюорита; НАФ — нейтронно-активационная фторометрия площадей, горных выработок, скважин, образцов пород и руд. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2.

логическая модель позволяет произвести предварительное ранжирование выделенных площадей по перспективности, исходя из их качественной оценки.

Реализация прогнозно-геологической модели позволила выделить в северной части Каянчинско-Баратальской флюоритонной минерагенической зоны Богучанско-Ужлеспско-Чойский район с входящими в него Ужлеспско-Чойским и Богучанским рудными узлами и в восточной части изучаемой территории автономный (вне указанной зоны) Турочакско-Лебедской район с расположенным в его северо-западной части Северо-Турочакским рудным узлом (см. рис. 2).

Основные итоги оценки перспектив изученной территории отражены на прогнозной карте (накладке), составленной на

базе минерагенической карты (рис. 3). Назначение прогнозной карты — обеспечить основу для оправданного выбора направлений дальнейших работ на флюорит в оцененных рудных районах и узлах, ранжированных по степени перспективности в зависимости от присущих им геологических предпосылок и прогнозных ресурсов руд категории Р₃. Последние можно определить с использованием уравнения $P_3 = qKS$ как наиболее отвечающего условиям оценки, где q — удельная продуктивность, K — коэффициент подобия, зависящий от степени сходства оцениваемой площади S с объектом-аналогом (таблица). Поскольку удельные продуктивности флюоритонных районов и рудных узлов Алтае-Саянской складчатой области достоверно не известны, значения q для них приняты по анало-

Прогнозные ресурсы флюоритовых руд категории Р₃

Флюоритоносные и потенциально флюоритоносные площади	Индекс площади на карте прогноза	Площадь, км ²	Удельная продуктивность, тыс. у.е./км ²	Коэффициент подобия, К	Прогнозные ресурсы руд категории Р ₃ (тыс. у.е.)
Каянчинско-Баратальская минерагеническая зона					
1. Богучанско-Ужлепско-Чойский район, в целом	I	1512	20,18	0,7	21355
1.1. Ужлепско-Чойский узел	A ₁	532	33,7	0,8	14343
1.2. Богучанский узел	A ₂	256	30,1	0,6	4623
1.3. Остальная часть района	B ₁	724	5,5	0,6	2389
Автономные площади					
2. Турочакско-Лебедской район, в целом	II	904	11,45	0,6	6212
2.1. Северо-Турочакский узел	A ₃	120	30,1	0,6	2167
2.2. Остальная часть района	B ₂	784	8,6	0,6	4045
Итого		2416			27567

гии с наиболее изученными минерагеническими объектами тех же рангов Казахстанско-Среднеазиатской провинции, где получило распространение аналогичное по составу и близкое по возрасту (пермь—триас) промышленное эпитегрмальное плавиково-вошпатовое оруденение. Величина q рудных узлов этой провинции колеблется от 39,3 до 13,1 тыс. условных единиц (у.е.) руды / км², а средняя продуктивность флюоритоносных районов составляет 6,69 тыс. у.е. руды / км².

Коэффициент подобия K во всех случаях был принят равным 0,6, за исключением Ужлепско-Чойского узла с повышенной флюоритоносностью ($K = 0,8$). Суммарные ресурсы категории Р₃ всех прогнозных площадей (2416 км²) составляют 27567 тыс. у.е. руды со средним содержанием 30 % плавикового шпата; они распространяются в блоках оцениваемых районов и узлов на глубину 200 м и в большинстве своем отвечают наиболее качественному жильному кварц-флюоритовому оруденению.

На долю Богучанско-Ужлепско-Чойского района приходится почти 77,5 % всех оцененных ресурсов руд категории Р₃, причем подавляющая их часть сосредоточена в Ужлепско-Чойском узле и значительно меньшая — в Богучанском. Вне этих узлов

находится лишь 11,2 % прогнозных ресурсов Р₃ Богучанско-Ужлепско-Чойского района. Наоборот, практически две трети ресурсов Турочакско-Лебедского района связаны с его частью, расположенной за контурами локализованного здесь Северо-Турочакского узла.

Исходя из проведенного анализа, в качестве первоочередного объекта для постановки последующих, более детальных геологоразведочных работ (площадь I категории перспективности) предлагается Ужлепско-Чойский узел. Помимо самых больших прогнозных ресурсов руд он в наибольшей степени отвечает модели перспективных площадей. Работы второй очереди следует организовать в пределах Богучанского, а затем Северо-Турочакского узлов (площади II категории перспективности). Богучанский потенциальный рудный узел характеризуется практически столь же полным набором благоприятных критериев, как и Ужлепско-Чойский, но на его площади пока не выявлены рудопроявления флюорита, что влияет на категорию перспективности. Северо-Турочакский рудный узел хотя и включает некоторые точки флюоритовой минерализации, однако его структурная позиция отличается от модельно-благоприятной: площадь узла относительно удалена от контакта

Лебедской девонской депрессии и не соединяется с девонскими вулканотектоническими структурами общей системой основных нарушений.

Более отдаленным резервом могут служить оставшиеся площади Турочакско-Лебедского и Богучанско-Ужлепско-Чойского районов (III категория перспективности). При отсутствии здесь выявленных прямых признаков флюоритоносности эти площади не обладают полным набором и других прогностических критериев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиева О.З., Коплус А.В. Эволюция флюоритоносных регионов Центрально-Азиатского пояса и формирование эпитеpmальных концентраций флюорита / Эволюционно-геологические факторы рудообразования и прогноз месторождений полезных ископаемых (тезисы докладов). — М.: ВИМС, 1996. С. 20.
2. Борисенко А.С. Палеогидрологический контроль размещения эпитеpmального оруденения Алтае-Саянской складчатой области // Тр. ин-та Геол. и геофиз. Сиб. отд. АН СССР. Вып. 749. 1990. С. 74—85.
3. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. I. — М.: Недра, 1990.
4. Коплус А.В. Формационно-генетические типы

флюоритсодержащего оруденения Алтае-Саянской складчатой области и оценка их перспективности / Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. — М.: Геоинформмарк, 1994.

5. Коплус А.В. Эпитеpmальное флюоритовое оруденение Алтае-Саянской складчатой области / Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 137. — М., 1995. С. 149—158.
6. Коплус А.В., Пузанов Л.С. Закономерности размещения и условия формирования флюоритового оруденения Горного Алтая // Изв. ВУЗов. Сер. геол. и разведка. 1976. № 8. С. 77—85.
7. Коплус А.В., Строганова Л.И. О состоянии и необходимости укрепления минерально-сырьевой базы флюорита России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1992. № 4. С. 28—31.
8. Кривцов А.И., Терентьев В.М., Щеглов А.Д. Металлогенические исследования / Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы (гл. редактор А.И. Кривцов). — М.: ЦНИГРИ, 1993. С. 58—63.
9. Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования / Авторы: А.А. Моссаковский, С.В. Руженцев, С.Г. Самыгин и др. // Геотектоника. 1993. № 6. С. 3—33.
10. Палеозойский гранитоидный магматизм Центрально-Азиатского складчатого пояса / Авторы: А.Н. Леонтьев, Б.А. Литвиновский, С.П. Гаврилова, А.А. Захаров. — Новосибирск: Наука, 1981.

A. V. Koplus, O. Z. Alieva

MEDIUM-SCALE PREDICTION OF FLUORITE-BEARING POTENTIAL IN THE NORTH-EASTERN PART OF GORNY ALTAI

Geological structure and fluorite potential of several districts in the northeastern part of Gorny Altai have been studied and special-purpose structural-formation, mineragenic and prediction maps on 1:200,000 scale compiled. Based on the formation analysis and specially developed prediction-geological models, actual and potential fluorite-bearing districts and ore knots have been identified and outlined. Prognostic areas are ranked by promise, and credible lines of further investigations are proposed.

УДК 553.43.043(575.21+510)

© Е. И. Николаева, М. А. Кажихин, И. М. Голованов, 1997

МЕДНОРУДНЫЕ ФОРМАЦИИ ТЯНЬ-ШАНЯ — ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН И КНР)

Е. И. НИКОЛАЕВА, М. А. КАЖИХИН, И. М. ГОЛОВАНОВ (Институт минеральных ресурсов Госкомгеологии Республики Узбекистан)

Охарактеризованы геологическое строение, состав руд и метасоматитов, условия образования медноколчеданно-скарновой формации рудного поля Тоньгоу-Мяоргоу и цинково-медноколчеданной формации рудного поля Ламасу в восточной части Северного Тянь-Шаня. Судя по характеру размещения и многообразию проявлений медного оруденения в Тянь-Шаньском регионе, возможно выявление новых промышленных объектов основных типов эндогенных меднорудных формаций.

Тянь-Шаньский регион — центральная часть Урало-Монгольского складчатого пояса. Согласно общепринятым представлениям, Северный Тянь-Шань — область каледонид, Южный — герцинид, и они разграничены «структурной линией В.А.Николаева». К западу от нее расположена территория Западного Тянь-Шаня. При наличии множества вариантов районирования региона, базирующихся на различных геологических концепциях, единая схема отсутствует. В целом, Тянь-Шань представляет собой полициклическую складчатую систему, состоящую из ядерных блоков фундамента и разделяющих мобильных зон различного возраста и режима формирования, с омоложением однотипных формаций с севера на юг, последовательной сменой возраста складчатости и специфики металлогении.

Определяющим в развитии Тянь-Шаня явился средне-верхнепалеозойский этап тектономагматической активизации, обусловивший формирование герцинских вулканоплутонических поясов и внедрение многофазных субщелочных интрузий в позднем палеозое. Большинство месторождений цветных, благородных и редких металлов региона связано с позднепалеозойским магматизмом.

Тянь-Шань — один из крупнейших мировых источников цветных, благородных и редких металлов. Основными геолого-промышленными типами эндогенных медных месторождений региона являются меднопорфировые, медноколчеданные и медно-

скарновые. Особенности меденосных металлогенических провинций исследованы на территориях Узбекистана, Киргизии и Казахстана. С единых позиций рассмотрены геологическое строение, закономерности размещения, условия возникновения и преобразования месторождений меди, и даны критерии их поисков и прогноза [3]. Малоизученной в аспекте рудоносности оставалась восточная часть Северного Тянь-Шаня.

Рудное поле Ламасу расположено в западной приграничной части Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР вблизи северной оконечности озера Сайрам и входит в Сайрам-Кушемчикскую орогенную металлогеническую зону Северного Тянь-Шаня. Рудное поле площадью около 15 км² сложено среднепротерозойскими сланцеватыми глинистыми и песчанистыми известняками и доломитами, образующими моноклиналь северного падения, осложненную более мелкими складками. Разрывными нарушениями разной глубины и времени заложения сформирована ортогональная сеть структурного каркаса рудного поля. Северо-западными разломами глубокого заложения и узлами северо-восточных и субширотных разломов контролируются среднекарбоновые интрузивные штоки — этмолиты гранодиорит-адамеллит-порфиров. Система интрузивных тел, проявленных на поверхности, образует фрагменты незамкнутого эллипса.

Рудная минерализация маркируется на поверхности буро-желтыми «железными шляпами», приуроченными к зонам дробле-

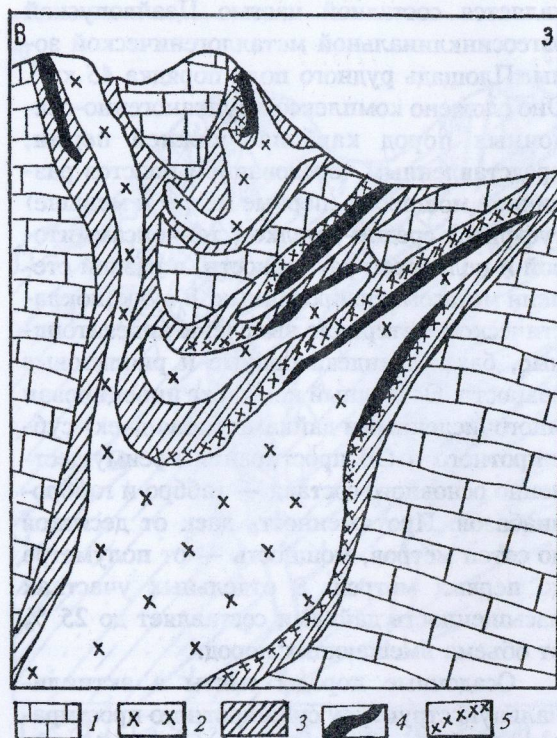


Рис. 1. Схематический разрез через интрузивное тело I месторождения Ламасу.

1 — карбонатные породы; 2 — гранодиорит-адамеллит-порфиры; 3 — скарны; 4 — массивные рудные тела; 5 — прожилковая, прожилково-вкрапленная минерализация.

ния на контакте интрузий с карбонатными породами. Оруденение развито обычно в экзоконтактовых частях интрузий, подвергнутых интенсивному скарнированию.

В вертикальном разрезе (рис. 1) рудная минерализация Ламасу представлена маломощными линзо- и лентообразными телами, чередующимися с безрудными апофизами гранитоидного этмолита и слабоизмененными карбонатными породами. Оруденение по отдельным скважинам прослежено до глубины более 800 м.

Объекты Ламасу отнесены к медноколчеданно-скарновой формации халькопирит-пирит-пирротинового минерального типа, совмещенного с прожилково-вкрапленной медной минерализацией. Основные промышленные рудные тела локализованы на контактах гранодиорит-порфиров с карбонатными отложениями. Морфологические типы оруденения: согласные рудные тела на контактах интрузивов с карбонатами; суб-

пластовые согласные (ленточные) скарны; межпластовые рудные брекчии; секущее оруденение в межформационных разломах; контактовые тела в ореолах поздних даек; кварцевые штокверки в апикальных частях интрузивов.

Промышленное скарновое оруденение — прожилково-вкрапленные, вкрапленные, реже брекчиевые, гнездово-пятнистые и массивно-полосчатые медноколчеданные цинксоодержащие руды. Они сопровождаются ореолом индикаторной вкрапленно-прожилковой золотоносной полиметаллической минерализации. Максимальная мощность оруденелых скарнов — до десятков метров в апикальных частях интрузивов. Развита известковая и апомagneзиальные скарны преимущественно гранат-пироксенового состава, участками — волластонит, везувиан, эпидот, серпентин, известково-силикатные роговики и кальцитовые породы. Скарновые зоны представлены переслаиванием маломощных пластовых оруденелых скарнов и безрудных пород при незначительном развитии блоковых скарнов. Оруденение многоэтапное с элементами фациальной зональности.

Последовательность формирования руд:

I. *Дорудный этап*. Образование послойного и вкрапленного диагенетического пирита и магнетита в карбонатных отложениях.

II. *Скарновый этап*. Образование метасоматических вкрапленных существенно пиритовых и магнетитовых ассоциаций, сингенетичных скарнам.

III. *Гидротермально-метасоматический этап*. Вне зависимости от морфологии рудопроявлений, их минеральный состав идентичен.

Последовательный ряд минеральных комплексов, формирующих промышленные руды, следующий:

ранняя шеелитовая ассоциация, связанная с магнетитом, гематитом в биотитизированных, калишпатизированных скарнах, волластонитовых жилах;

продуктивный пиритовый минеральный комплекс, состоящий из пирита с примесью пирротина, арсенопирита, халькопирита, сфалерита в рудах с прожилковыми, вкрапленными и массивно-полосчатыми текстурами в пропилитизированных скарнах и серпентинизированных карбонатах;

медно-пирротинный минеральный ком-

плекс, включающий пирротин, халькопирит и борнит в гидротермально-метасоматических рудах и накладывающийся на пиритовый комплекс. Присутствует примесь галенита, сфалерита и молибденита;

кварц-пирит-молибденит-халькопиритовый минеральный комплекс в прожилково-вкрапленных рудах, также включающий кубанит, пирротин, шеелит, сфалерит, галенит, висмутин. Околорудные — кварц, хлорит, кальцит, эпидот, ангидрит, серицит;

поздний кварц-пирит-полиметаллический минеральный комплекс прожилково-вкрапленных и жильно-прожилковых руд, включающий переменные количества кварца, кальцита, пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, блеклых руд, спорадически — пирротина, арсенопирита, марказита, гематита; отмечены висмутин, айкинит, тетрадимит, теллуrowисмутит, самородное золото, самородный висмут, валлериит, кубанит, молибденит, матильдит, алтаит, линнеит, пентландит, станнин и др.;

Совмещение жильно-прожилковых образований с медно-пирротиновым комплексом сопровождается метаморфизмом пирротиновых руд с образованием пирит-магнетит-марказитового минерального комплекса, в состав которого входят вторичный пирит, марказит, мельниковит, мушкетовит.

Гипергенный этап. Образование руд зон окисления и железных шляп.

Оруденение зональное — в апикальной части и эндоконтакте незначительно развито прожилковое оруденение типа медно-порфирового, интрузивы скарнированы и оруденелы. На периферии в зонах смятия широтного направления размещены гидротермальные богатые руды в межпластовых разрывных нарушениях, жильные тела с медной и полиметаллической индикаторной минерализацией.

Формирование минеральных комплексов, определяющих металлогенический профиль месторождения, происходило при последовательной смене температурного режима от 300° в начале гидротермальной деятельности до 150°C — на завершающем этапе.

Меднорудное поле Тоньгоу-Мяоргоу расположено в восточной части Северного Тянь-Шаня приблизительно в 80 км от города Урумчи на южном склоне гор Бога и

является составной частью Цзайвопускской эвгеосинклинальной металлогенической зоны. Площадь рудного поля порядка 45 км². Оно сложено комплексом вулканогенно-осадочных пород карбона—нижней перми, представленным чередованием пластов различной мощности (первые метры и меньше) туффилов средне-, мелко-, тонкопсаммитовой и пелитовой размерности, в разной степени метасоматизированных. В вулканокластическом материале выделены андезитовидные, базальт-андезитовидные и риолитовые разновидности. Осадочный комплекс инъецирован многочисленными дайками (поля даек) субширотного и СВ простирания преимущественно основного состава — габбро и габбро-диабазов. Протяженность даек от десятков до сотен метров, мощность — от полуметра до первых метров. В отдельных участках насыщенность дайками составляет до 25 % от объема вмещающих пород.

Осадочные породы смяты в актиклиналиную структуру субширотного простирания. В восточной части рудного поля фиксируется замыкание складки, усложненное ее изгибом к северу и более мелкими флексурами. В западной (ядерной) части крылья складки выполаживаются. Южное крыло переходит в синклиналь, параллельную основной складке на большей части рудного поля.

На рудном поле широко распространены синскладчатые разрывные нарушения, преимущественно субширотного простирания. Более мелкие нарушения северо-восточного и северо-западного направления оперяют крупные. Падение разломов различное — крутое (к центру актиклинали) и пологое (по напластованию вулканогенно-осадочной толщи). Часто встречаются узлы, пучки разноориентированных разрывов. Нарушения обычно извилисты по простиранию и падению. Мощности зон дробления неравномерны — от закрытых трещин до 5—10 м. Вблизи разломов и узлов развиты ореолы мелкой трещиноватости.

В рудном поле выделяются несколько главных участков, обрабатывающихся кустарно шурфами, штольнями, мелкими карьерами.

В южной части западного фланга рудного поля, в синклинальной складке, расположено месторождение Тоньгоу; на северном крыле антиклинали западного фланга нахо-

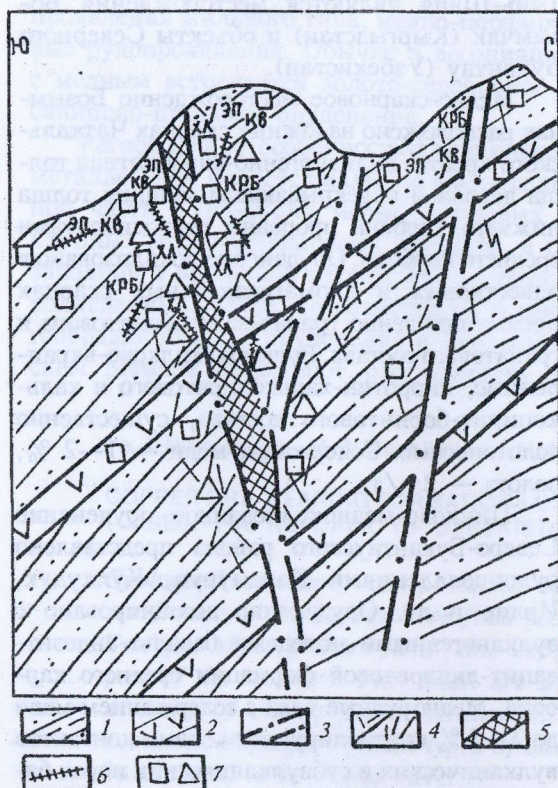


Рис. 2. Схематический разрез главного рудного тела месторождения Мьяоргоу.

1 — вулканогенно-осадочные породы; 2 — дайки габбро-диабазов; 3 — разломы; 4 — трещиноватость; 5 — массивные цинково-медные руды; 6 — прожилковая сульфидная минерализация; 7 — рассеянная вкрапленная минерализация халькопирита, пирита. Обозначения минералов: эп — эпидот, кв — кварц, хл — хлорит, крб — карбонат.

дятся рудные тела месторождения Синсугоу; на востоке рудного поля, в замковой части антиклинали, локализованы руды Мьяоргоу. Встречаются более мелкие слабоизученные точки минерализации и рудопроявления.

На поверхности месторождения представляют собой линейные рудные зоны протяженностью до 1500 и более метров и шириной более 500 м, а также участки неправильной формы. Рудные зоны на поверхности связаны с участками повышенной трещиноватости и дробления и характеризуются яркой рыже-бурой окраской пород за счет лимонитизации рассеянного мелкокристаллического пирита. Собственно рудные тела (системы рудных тел) располагаются преимущественно в срединных частях зон минерализации.

Локализация сплошных богатых руд определяется крупными разрывами или сочетаниями разломов, их перегибами. При удалении от богатых рудных столбов состав руд почти не меняется, хотя прожилки, гнезда и вкрапленность медной минерализации постепенно выклиниваются (рис. 2).

Месторождения рудного поля принадлежат цинково-медноколчеданной формации. Руды Тоньгоу имеют пирит-сфалерит-халькопиритовый состав; Мьяоргоу — пирит-халькопиритовый с борнитом; Синсугоу — пирит-халькопирит-борнитовый.

Рудные тела окружены мощным пиритовым ореолом и, по предварительным данным, представлены двумя морфогенетическими типами.

1. Основной промышленный тип оруденения — пластообразные и линзообразные стратифицированные рудные тела вкрапленных и прожилково-вкрапленных медных руд в продуктивных породах, с содержанием меди 0,3—1 % и преимущественно пирит-халькопирит-борнитового состава.

2. Подчиненные в количественном отношении богатые (более 2 % меди) медно-цинковые жильные и сплошные массивные гнездовые руды, фиксирующие крутопадающие зоны разломов и оперяющей трещиноватости в участках изгибов и пересечения нарушений.

Минеральные типы руд: сплошные — преимущественно медные (халькопиритовые, халькопирит-борнитовые), медно-цинковые (халькопирит-сфалеритовые, халькопирит-борнит-сфалеритовые, сфалерит-халькопиритовые), полиметаллические (сфалерит-галенит-халькопиритовые, сфалерит-пиритовые), а также прожилково-вкрапленные и вкрапленные пиритовые, халькопирит-пиритовые, сфалерит-халькопирит-пиритовые, халькопирит-борнитовые, халькопирит-пиритовые с полиметаллами. Локально развиты ассоциации, включающие пирротин, халькозин, магнетит, гематит, сульфиды кобальта и вickеля, хромит, сульфосоли висмута и свинца, идаит, кубанит, валлериит, клаусталит, арсениопирит, теллуриды серебра, висмута и свинца, самородные золото, висмут, медь и другие.

Вмещающие вулканогенно-осадочные толщи испытали площадные зеленокаменные изменения. Прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение сопряжено с развитием углеродисто-глинисто-кремнисто-карбо-

натных, кварц-хлорит-серицитовых и серицит-хлоритовых пород. Жильные руды сопровождаются окварцеванием, альбитизацией, оталькованием, хлоритизацией, барицитизацией и карбонатизацией.

Руды района Тоньгоу-Мяоргоу относятся к классу комбинированных колчеданных месторождений по классификации В.И.Смирнова [2] и сформированы в следующей последовательности:

I. Вулканогенно-осадочный этап — образование осадочно-вулканогенных залежей конкреционного и диагенетического вкрапленного пирита и сульфидов меди в специализированных вулканогенно-осадочных толщах района.

II. Вулканогенно-метасоматический этап — образование гидротермально-метасоматических и гидротермальных руд.

1. Ранняя продуктивная стадия — образование гидротермально-метасоматических залежей фациально изменчивого состава, определяемого соотношениями пирита, халькопирита, борнита и сфалерита в метакolloидных, сланцеватых, вкрапленных и полосчатых текстурах руд.

2. Главная продуктивная стадия — образование сплошных массивных, пятнистых, брекчиевидных, массивно-полосчатых и прожилковых руд в трещинных структурах. В рудах отмечается зональность отложения главных сульфидов — халькопирита, сфалерита и галенита при изменчивой роли пирита, пирротина, марказита, магнетита и гематита.

III. Этап полигенного преобразования — образование рудных тел массивной, брекчиевой, пятнистой и др. текстур и диффузионных структур в результате динамо- и термометаморфизма и воздействия метеорных вод. Переотложение вещества с образованием реакционных, субграфических сростаний минералов, их перекристаллизация и перегруппировка обусловили возникновение богатых полиметаллами компактных тел.

IV. Поздний гидротермальный этап — образование кварцево-сульфидных жильных секущих тел.

V. Гипергенный этап — развитие площадных зон окисления.

Температурный диапазон формирования руд лежит в пределах 400—220°C.

Близкими аналогами изученных рудных полей Китая в срединной части Западного

Тянь-Шаня являются месторождения Бозымчак (Кыргызстан) и объекты Северного Букантау (Узбекистан).

Медно-скарновое месторождение Бозымчак расположено на южных склонах Чаткальского хребта. Вулканогенно-карбонатная толща девона и перекрывающая мощная толща нижнего карбона прорваны гранодиоритами среднего карбона. Оруденение локализовано в известковых и апомagneзиальных скарнах преимущественно гранат-волластонитового и гранатового состава. Руды прожилково-вкрапленные, пирротин-халькопиритового и халькопирит-борнитового состава, существенно золотоносные. Содержание меди — 1—2 %, золота — 2 г/т.

Цинково-медноколчеданное оруденение Северо-Букантауского района представлено рудопроявлениями Карамурун, Кулкудук, Ирлир и др. Оруденение ассоциировано с вулканогенными породами базальт-андезит-дацит-липаритовой формации среднего карбона. Меднорудные тела с содержанием меди до 2—5 % контролируются зонами контактов вулканических и субвулканических пород базальт-андезитового состава. При мощности рудных тел 5—6 м протяженность их порядка 300 м. Руды халькопирит-пиритового, халькопирит-сфалеритового состава, поздние жилы — полиметаллические. Ведущий тип руд — прожилково-вкрапленный, развиты массивные руды, сопровождающиеся пропилитизацией, серицитизацией, окварцеванием.

Наличие в Северном Тянь-Шане на территории КНР масштабного медноколчеданного и медно-скарнового оруденения расширяет промышленную значимость этих рудных формаций для всего региона, приближая их к медно-порфировой, которая является ведущим геолого-промышленным типом. Эталонными объектами медно-порфировой формации служат детально изученные эксплуатируемые и разведанные месторождения Алмалыка (Кальмакыр, Сарычеку, Дальнее, Кызата) в Кураминской металлогенической зоне. На территории Синьцзяна к востоку от Ламасу известны медные рудопроявления неустановленной формационной принадлежности, находящиеся в ассоциациях с интрузивными и вулканогенными породами (рудопроявления Дабат, Кала и др.). В Западном Тянь-Шане недостаточно оценены промышленные перспективы медноколче-

данного и медно-скарнового типов, известны проявления жильного типа, медно-порфировые рудопоявления. Обычно в ассоциации с медным встречается золото-серебряное и свинцово-цинковое оруденение.

Региональной особенностью герцинской металлогении является наличие в центральной части Тянь-Шаня медно-скарновых и крупных медно-порфировых объектов, а по западной и восточной периферии — медно-колчеданных. Характер размещения и многообразия медного оруденения в Тяньшаньском регионе позволяют рассчитывать на

выявление в его пределах промышленных месторождений основных типов эндогенных меднорудных формаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голованов И.М., Николаева Е.И., Кажихин М.А. Комплексная прогнозно-поисковая модель медно-порфировой формации. — Ташкент: Фан, 1988.
2. Колчеданные месторождения мира / М.Б.Бородаевская, Д.И.Горжевский, А.И.Кривцов и др. — М.: Недра, 1979.
3. Меднорудные месторождения — типы и условия образования. — М.: Недра, 1987.

Ye. I. Nikolayeva, M. A. Kazhikhin, I. M. Golovanov

COPPER ORE-BEARING FORMATIONS OF THE TIEN SHAN: ESTIMATED PROSPECTIVITY (CASES: THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN AND PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA)

Geological structure, compositions of ores and metasomatites and formation conditions of the Lamasu ore field (copper-massive sulfide-skar formation) and Ton'gou-Myaorgou ore field (zinc-copper massive sulfide formation) in the eastern part of the Northern Tien Shan are characterized. Judging by the distribution and diversity of copper ore mineralization occurrences in the Tien Shan region, new economic deposits of main types of endogenic copper ore-bearing formations could be expected to be found there.

УДК 553.411 412.001.57

© А. Н. Некрасова, В. Ю. Орешин, И. А. Чижова, 1997

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛОГИКО-ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

А. Н. НЕКРАСОВА, В. Ю. ОРЕШИН, И. А. ЧИЖОВА (ЦНИГРИ МПР России)

В результате математической обработки банка данных по золото-серебряным месторождениям выделены золото-теллуровая и золото-серебряная группы, которые могут рассматриваться в ранге субформаций, и переходная группа с промежуточными характеристиками. В каждой из этих групп выделены минеральные типы, характеризующиеся комплексом информативных геологических и минералого-геохимических признаков.

В настоящее время насчитывается более полутора десятков различных классификаций золото-серебряных месторождений, связанных с различными типами вулканических поясов и зонами активизации. Подробный обзор существующих классификаций, начиная с работ Т.Нолана и В.Линдгрена, приводится в статье В.Г.Хомича [8]. В зави-

симости от назначения классификаций разными авторами использовались в качестве разделяющих различные минералого-геохимические и геологические признаки, в результате чего до настоящего времени нет однозначного понимания границ золото-серебряной минерализации и соподчиненности выделяемых в ней подразделений. Боль-

шинство авторов рассматривают золото-серебряную минерализацию как единую рудную формацию, выделяя в ней разное количество минеральных [7], либо минеральных и геохимических [6], либо геохимических [1] типов. Другие авторы полагают, что золото-серебряные проявления составляют рудноформационный ряд, включающий несколько рудных формаций и субформаций [3,4].

Предлагаемая в настоящей работе классификация представляет собой результат машинной обработки информационного банка данных по 41 золото-серебряному месторождению России и стран СНГ, а также 25 наиболее известным зарубежным объектам. В банке представлены уникальные, крупные, средние и мелкие месторождения в сопоставимых количествах. Среди них месторождения, связанные с вулканогенными образованиями основного, среднего и кислого состава, характеризующиеся следующим набором признаков: преимущественно кварцевый (с примесью адуляра и гидрослюд) состав, тонкозернистые структуры, метакolloидные и пластинчатые текстуры жильного выполнения, в основном низкая концентрация рудных минералов, наличие в рудах теллуридов золота и серебра, сульфосоединений и селенидов серебра, значительные колебания пробы и неоднородный характер золота. Все эти признаки отличают золото-серебряные месторождения от месторождений других генетических типов и позволяют отнести их к формации малых глубин по систематике Н.В.Петровской [5].

Основная цель настоящей работы — выделить среди золото-серебряных месторождений однородные по геологическим и минералого-геохимическим характеристикам подразделения различного ранга — группы и классы, которые могли бы быть использованы для разработки детальной систематики золото-серебряных месторождений и моделирования рудноформационных рядов в районах со сложной металлогенической специализацией.

Каждый из объектов банка характеризуется двумя основными группами признаков — геологическими и минералого-геохимическими. К первым относятся: тектоническая позиция объекта; рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры; рудокон-

тролирующие и рудовмещающие геологические формации, слагающие рудные поля; метаморфические и гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород; морфология рудных тел и формы обособления рудной минерализации. Вторые включают: типоморфные структуры и текстуры руд; состав жильного выполнения и рудной минерализации; продуктивные минеральные ассоциации; типоморфные особенности золота, а также геохимические характеристики, в частности, золото-серебряное и селен-теллуговое отношения в рудах.

При разработке матрицы признаков банка данных наиболее трудными моментами были систематизация продуктивных ассоциаций минералов и приведение их к виду, пригодному для машинной обработки. С целью упорядочения разнородной и порой противоречивой информации о составе продуктивных ассоциаций на конкретных объектах нами было введено понятие типовой ассоциации. Под типовой продуктивной ассоциацией понимается группа близких по составу ассоциаций, представленных минералами, в основном, одной группы — теллуридами, сульфидами, группой блеклых руд, сульфосоединений или селенидов серебра. Название типовой ассоциации дается по преобладающим группам минералов. Например, все минеральные ассоциации с теллуридами золота, серебра, свинца и других металлов, встречающихся на конкретных объектах в различных сочетаниях, объединены в две типовые ассоциации — теллуридную без самородного золота, представленную на таких объектах как Крипл Крик и Голдфилд, и теллуридную с самородным золотом, широко распространенную на золото-теллуридных объектах. Типовая блекло-рудно-теллуридная ассоциация объединяет все продуктивные ассоциации, в которых теллуриды ассоциируют с блеклыми рудами различного состава — гольдфильдитом, теннантитом, тетраэдритом. Серебро-блекло-рудная типовая ассоциация представлена ассоциациями высокосеребристых блеклых руд — фрейбергита и аргентотетраэдрита — с минералами серебра. Серебро-сульфидная (акантитовая) типовая ассоциация объединяет все ассоциации акантита с различными по составу сульфосолями и селенидами серебра.

По комплексу всех признаков месторождения, включенные в банк данных, делятся на три группы — золото-теллутовую, золотую и золото-серебряную. В выборку, составляющую золото-теллутовую группу, вошли объекты, локализованные в породах основного и среднего состава щелочно-базальтовой, андезито-базальтовой и дацит-андезитовой формаций, в рудах которых преобладают ассоциации золота с теллуридами, концентрации теллура резко превышают концентрации селена, золото-серебряное отношение колеблется в пределах от 1—5 до 10, золото высокопробное с однородной внутренней структурой. К золотой группе отнесены месторождения, залегающие в породах среднего и кислого состава дацит-андезитовой формации, с которыми ассоциируют диориты и гранодиориты габбро-диорит-гранодиоритовой, а также граниты и граносиениты щелочно-гранит-сиенитовой формаций. В составе рудной минерализации объектов этой группы основную роль играют сульфиды железа и цветных металлов, образующие парагенезисы с золотом средней и низкой пробы. В качестве попутных компонентов в рудах иногда промышленную ценность представляют медь, свинец и цинк. Выборку месторождений золото-серебряной группы составляют объекты, для которых вмещающими служат породы кислого состава дацит-риолит-игнимбритовой, трахириолитовой и базальт-андезит-дацит-риолитовой формаций, ассоциирующие с диоритами габбро-диорит-гранодиоритовой и гранитами гранит-гранодиоритовой формаций. Рудная минерализация в них представлена разнообразными минералами серебра — сульфосолями, сульфидами, селенидами, серебросодержащими блеклыми рудами, самородным серебром. Золото в рудах низкопробное со сложным гетерогенным строением. Характерны повышенные концентрации селена, который коррелируется с серебром.

В пределах каждой из выделенных групп наблюдается довольно значительный разброс в минеральном составе руд, выражающийся в различных количественных соотношениях слагающих руды типовых продуктивных минеральных ассоциаций. Это послужило основой для выделения внутри групп подразделений второго ранга — классов.

По комбинациям типовых продуктивных ассоциаций и различным количественным соотношениям между ними в рудах конкретных объектов удалось свести все многообразие золото-серебряных руд к 13 названным по преобладающим типовым продуктивным ассоциациям классам: 5 классов в золото-теллуровой и по 4 в золотой и золото-серебряной группах.

При математической обработке группировки месторождений по классам обсчет производился по выборкам, содержащим не менее трех объектов, поэтому из 13 предварительно выделенных классов признаковые модели составлены только для 9. Остальные классы — теллуридный и блеклорудно-теллуридный (без самородного золота) золото-теллуровой группы, золото-медно-сульфидный в золотой и серебро-полисульфидный в золото-серебряной группах — представлены каждый только одним объектом. Они выделены как контрольные, и для них рассчитаны коэффициенты сходства со всеми остальными классами соответствующих групп.

Для проверки приведенной классификации полученные выборки по группам и классам проанализированы на ЭВМ методом логико-информационного анализа в системе прогнозирования «АСТРА», разработанной И.А.Чижовой [9]. Метод основан на изучении вариационных рядов объектов и принципе общности свойств. Из диапазона изменения значений признаков, характеризующих объекты исследования, выделяются интервалы-индикаторы и оценивается значимость этих признаков. Максимальный информационный вес присуждается признаку, участвующему в наибольшем числе сочетаний признаков, отделяющих объекты данного подразделения от остальных. Каждое выделенное подразделение — группа или класс — характеризуется определенной совокупностью наиболее значимых для его выделения признаков, которые представлены в виде признаковых моделей. Признаковые модели отражают наиболее характерные черты выделяемых подразделений с оценкой информационных весов признаков. Для всех объектов, входящих в анализируемые выборки, рассчитаны коэффициенты сходства с каждым из выделяемых подразделений (групп и классов), и автоматически объект

относится к тому подразделению, с которым он обладает максимальным сходством.

Обычная схема использования логико-информационного анализа — изучение целевых параметров (масштабности, глубин образования и т.д.) с предварительным анализом однородности классов выборки. Настоящая работа является практически первой попыткой использования этого метода для систематики золоторудных объектов.

По результатам математической обработки в полученных признаковых моделях первого ранга (табл. 1) четко выделяются золото-теллуровая и золото-серебряная группы, характеризующиеся комплексом взаимосвязанных признаков. К числу наиболее информативных признаков относятся: типовые продуктивные ассоциации минералов и дублирующие этот признак ключевые минералы продуктивных ассоциаций (суммарный информационный вес 60,7 % для золото-теллуровой и 37,0 % для золото-серебряной групп), а также проба самородного золота (26,1 % и 39,2 % соответственно), которые можно считать основными разделяющими признаками для выделения подразделений первого ранга — групп. Менее информативными признаками, которые могут рассматриваться как вспомогательные, являются золото-серебряное (3,1 % и 8,1 %) и селен-теллуровое (6,9 % и 9,1 %) отношения в рудах, а также типоморфные текстуры руд (3,2 % и 6,6 %). Геологические признаки, определяющие золото-теллуровую и золото-серебряную группы месторождений, оказались либо сквозными (с нулевой информативностью), либо с информационным весом ниже порога информативности (0,300). Рассчитанные коэффициенты сходства с полученными признаковыми моделями для месторождений золото-теллуровой группы лежат в пределах 0,7—0,8, а для золото-серебряной — варьируют от 0,5 до 0,9.

Для группы месторождений, названной золотой, значения информационных весов всех разделяющих признаков, кроме состава продуктивных ассоциаций, оказались ниже порога информативности. Высокоинформативным признаком для этой группы является состав рудовмещающих толщ (суммарная информативность 48,7 %). Данная группа не равнозначна по набору информативных признаков золото-теллуровой и золото-серебряной группам и не может рассматри-

ваться в одном ранге с ними. Объединенные в эту группу объекты занимают по основным минералого-геохимическим характеристикам промежуточное положение между золото-теллуровой и золото-серебряной группами, что нашло отражение и в коэффициентах сходства месторождений, которые для данной группы варьируют от 0,3 до 0,8, при этом некоторые месторождения имеют достаточно высокие коэффициенты сходства с объектами либо золото-теллуровой, либо золото-серебряной групп.

Представленные в таблице 2 признаковые модели классов месторождений характеризуются различным количеством информативных признаков — от 3 до 14 (при пороге информативности 0,400). Наиболее высокоинформативным признаком для большинства классов является состав типовых продуктивных ассоциаций минералов, суммарный информационный вес которого колеблется от 14,6 до 48,2 %. Высокую информативность имеют также ключевые минералы продуктивных ассоциаций (дублирующие основной разделяющий признак), суммарный информационный вес которых для большинства классов находится в пределах от 19,8 до 41,0 %. Нулевую информативность имеют эти признаки для двух классов — золото-кварцевого и серебро-селенидного, для которых они сквозные, так как все представленные в выборках объекты в обоих случаях имеют практически одинаковый минеральный состав руд.

Различную информативность для разных классов имеют такие признаки как золото-серебряное и селен-теллуровое отношения. Для классов золото-серебряной группы золото-серебряное отношение — высокоинформативный признак (суммарный информационный вес от 17,4 до 29,5 %), а для классов золото-теллуровой и золотой групп информативность этого признака колеблется от 0 до 14,2 %. Селен-теллуровое отношение для большинства классов не информативно или малоинформативно, за исключением теллуридного класса, где информативность этого признака 21,5 %. Информативными и даже высокоинформативными для большинства классов оказались типоморфные текстуры руд (суммарный информационный вес от 7,8 до 42,9 %).

Кроме минералого-геохимических при-

1. Признаки вулканогенных золото-серебряных месторождений (с оценкой информационного веса признаков, %)

Разделяющие признаки	Группа		
	Золото-тел- луровая	Золотая	Золото- серебряная
Продуктивные ассоциации (типовые)			
Теллуридная (с самородным золотом)	5,9	—	—
Блеклорудно-теллуридная	5,4	—	—
Полисульфидная	—	17,4	6,4
Серебро-сульфидная (акантитовая с сульфосолями Ag)	-4,1	16,5	15,2
Золото-кварцевая (без сопутствующих рудных минералов)	—	17,4	—
Σ	15,4	51,3	21,6
Ключевые минералы продуктивных ассоциаций			
Акантит (аргентит)	-3,6	—	—
Алтаит	6,2	—	—
Гессит	4,0	—	—
Калаверит-креннерит	7,0	—	—
Пираргирит и другие сульфосоли Ag	-4,6	—	—
Селениды	—	—	6,7
Сильванит и другие теллуриды Au и Ag	9,4	—	-8,7
Теннантит	4,3	—	—
Тетраэдрит	6,2	—	—
Σ	45,3	0	15,4
Пробы золота			
>950	6,1	—	—
850—950	7,7	—	-6,8
750—850	3,5	—	-7,7
500—600	-4,9	—	7,8
400—500	-3,9	—	8,9
<400	—	—	8,0
Σ	26,1	0	39,2
Au/Ag отношение (среднее значение)			
5—10; 5—1	3,1	—	—
0,2—0,1; 0,1—0,05	—	—	8,1
Σ	3,1	0	8,1
Se/Te отношение (среднее значение)			
>10; 10—5; 5—1	—	—	9,1
0,5—0,1; <0,1	6,9	—	—
Σ	6,9	0	9,1
Текстуры руд			
Полосчатая	3,2	—	—
Каркасно-пластинчатая	—	—	6,6
Σ	3,2	0	6,6
Рудовмещающие породы			
Дациты, андезиты	—	48,7	—
Σ	0	48,7	0
Всего признаков	19	4	12
Общий информационный вес признаков	100,0	100,0	100,0
Качество шкалы признаков	0,042	0,007	0,019

2. Признаки минеральных типов золото-серебряных месторождений (с оценкой информационного веса признаков, %)

Разделяющие признаки	Группа								
	Золото-теллуридная			Золотая			Золото-серебряная		
	Класс								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Минералого-геохимические признаки									
Продуктивные ассоциации (типовые)									
Теллуридная (с самородным Au)	17,2	-13,4	7,7	—	—	—	—	—	—
Блеклорудно-теллуридная	12,8	34,8	—	—	—	—	—	—	—
Полисульфидная	—	—	6,4	—	—	-13,4	—	14,6	—
Серебро-блеклорудная	—	—	—	—	—	—	15,4	—	—
Серебро-сульфидная (акантитовая)	—	—	—	—	24,0	—	15,4	—	—
Золото-кварцевая	—	—	—	—	—	14,4	—	—	—
Σ	30,0	48,2	14,1	0	24,0	27,8	30,8	14,6	0
Ключевые минералы продуктивных ассоциаций									
Акантит (аргентит)	—	10,7	—	—	18,1	-6,4	—	—	—
Алтаит	—	—	—	19,8	—	—	—	—	—
Галенит	—	—	—	—	—	-9,0	—	—	—
Гольдфильдит	—	13,4	—	—	—	—	—	—	—
Калаверит-креннерит	—	—	-4,7	—	—	—	—	—	—
Науманнит	—	—	—	—	—	—	—	14,6	—
Пираргирит и другие сульфосоли Ag	—	—	—	—	—	-7,6	12,0	—	—
Селениды	—	—	—	—	—	—	—	12,6	—
Сфалерит	—	—	—	—	—	-9,0	—	—	—
Фрейбергит (аргентотетраэдрит)	—	—	—	—	—	—	14,0	—	—
Халькопирит	—	—	—	—	—	-9,0	—	—	—
Σ	0	24,1	4,7	19,8	18,1	41,0	26,0	27,2	0
Проба золота									
>950	21,5	—	-4,7	—	—	—	—	—	—
850—950	—	—	-6,9	—	—	—	9,4	—	—
750—850	—	—	7,7	—	—	—	—	—	—
600—750	—	—	—	-17,5	—	—	—	—	—
500—600	—	—	4,7	—	—	—	—	—	—
400—500	—	—	—	18,8	—	—	—	—	—
Σ	21,5	0	24,0	36,3	0	0	9,4	0	0
Au/Ag отношение (среднее значение)									
5—1	14,2	—	5,2	—	—	—	—	—	—
от 1—0,2 до <0,01	—	—	—	—	—	7,9	17,4	18,8	—
0,2—0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	29,5
Σ	14,2	0	5,2	0	0	7,9	17,4	18,8	29,5
Se/Te отношение (среднее значение)									
от 5—1 до 0,5—0,1	—	—	20,8	—	—	—	—	—	—
5—1	—	—	—	—	—	7,6	—	—	—
<0,1	21,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	21,5	0	20,8	0	0	7,6	0	0	0

Разделяющие признаки	Группа								
	Золото-теллуровая			Золотая			Золото-серебряная		
	Класс								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Текстуры руд									
Брекчиевая	—	—	—	—	-19,3	7,8	—	—	—
Колломорфно-полосчатая	—	—	—	—	—	—	—	13,1	—
Крустификационно-полосчатая	—	-14,3	—	26,4	19,3	—	—	-	—
Каркасно-пластинчатая	—	—	—	—	—	—	8,2	—	-42,9
Σ	0	14,3	0	26,4	38,6	7,8	8,2	13,1	-42,9
Геологические признаки									
Рудогенерирующие стратифициро- ванные геологические формации									
Андезит-базальтовая	—	—	5,8	—	—	—	—	—	—
Дациит-риолитовая игнимбритовая	—	—	—	—	—	7,9	—	—	—
Базальт-андезит-дацит-риолитовая	—	—	—	—	—	—	—	26,3	—
Σ	0	0	5,8	0	0	7,9	0	26,3	0
Рудогенерирующие интрузивные формации									
Габбро-диорит-гранодиоритовая	—	—	6,9	—	—	—	—	—	—
Σ	0	0	6,9	0	0	0	0	0	0
Ассоциирующие интрузивные образования									
Диориты	—	—	—	17,5	—	—	—	—	—
Габбро-диориты, габбро	—	—	4,7	—	19,3	—	—	—	—
Σ	0	0	4,7	17,5	19,3	0	0	0	0
Рудовмещающие породы									
Покровы андезитов	—	—	6,9	—	—	—	—	—	—
Субвулканические андезиты	—	—	6,9	—	—	—	—	—	—
Туфы кислого состава	—	13,4	—	—	—	—	—	—	—
Туфы среднего-основного состава	—	—	—	—	—	—	—	—	27,6
Дайки андезитов	12,8	—	—	—	—	—	—	—	—
Терригенные породы	—	—	—	—	—	—	8,2	—	—
Σ	12,8	13,4	13,8	0	0	0	8,2	0	27,6
Всего признаков	6	6	14	5	5	11	8	6	3
Общий информационный вес	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Качество шкалы признаков	0,016	0,014	0,031	0,009	0,008	0,027	0,021	0,012	0,009

Примечание для табл. 1 и 2. Классы: I — теллуридный, II — блеклорудно-теллуридный, III — полисульфидно-теллуридный, IV — полисульфидный, V — полисульфидный (с акантитом), VI — золото-кварцевый, VII — серебро-блеклорудный, VIII — серебро-сульфидный (акантитовый с сульфосолями Ag), IX — серебро-селенидный. Число со знаком «минус» — отсутствие признака в рассматриваемом интервале; «—» — значение признака ниже порога информативности (0,400); Σ — суммарный информационный вес признака.

знаков в моделях всех классов в качестве информативных и высокоинформативных присутствуют в различных сочетаниях геологические признаки: состав рудогенерирующих стратифицированных и интрузивных формаций, ассоциирующих с ними интрузивных образований и вмещающих орудене-

ние пород, суммарная информативность которых оценивается от 7,9 до 31,2 % и которые можно рассматривать как элементы геологических обстановок формирования того или иного класса месторождений.

Рассчитанные по результатам математической обработки коэффициенты сходства

месторождений с признаковыми моделями выделенных классов показывают, что объединенные нами в один класс объекты являются достаточно близкими по минералогическим и некоторым геологическим характеристикам. Для большинства месторождений, включенных в выборки, эти коэффициенты варьируют от 0,5 до 1.

Среди месторождений золото-теллуровой группы лишь у двух объектов коэффициенты оказались ниже. Это такие достаточно специфические объекты как Манка и Зодское, которые, скорее всего, принадлежат к другим рудноформационным рядам. Месторождения Крипл Крик и Голдфилд, ввиду специфического состава рудной минерализации выделенные нами каждое в самостоятельный класс (теллуридный и блекло-рудно-теллуридный без самородного золота), по результатам математической обработки получили достаточно высокие (0,790 и 0,550 соответственно) коэффициенты сходства с теллуридным (с самородным золотом) классом месторождений золото-теллуровой группы.

Для месторождения Эль Индио, также выделенного в самостоятельный золото-медно-сульфидный класс, получен коэффициент сходства с полисульфидным (с акантитом) классом золотой группы, равный 0,567, но к данному классу этот объект можно отнести лишь условно, так как состав продуктивных ассоциаций месторождения Эль Индио резко отличен от состава руд типичных месторождений полисульфидного (с акантитом) класса. Скорее всего, месторождение Эль Индио следует отнести к другому рудноформационному ряду.

Выделенное в самостоятельный серебро-полисульфидный (с акантитом и сульфосолями серебра) класс месторождение Дукат рассчитывалось как контрольное на признаковые модели остальных классов золото-серебряной группы, с которыми все коэффициенты сходства оказались ниже 0,3. Поэтому серебро-полисульфидный (с акантитом и сульфосолями серебра) класс рассматривается нами как самостоятельный. Он представлен только месторождением Дукат, близких аналогов которому нет. Объединяемые В.Г.Хомичем [8] в один серебряный тип вместе с Дукатом месторождения Пачука и Гуанахуато (Мексика), по данным на-

ших математических расчетов, получили высокие коэффициенты сходства с серебро-сульфидным (акантитовым) классом — 1,0 и 0,597 соответственно.

Особо следует сказать о месторождении Береговское. Хотя для него получен достаточно высокий коэффициент сходства с полисульфидным (с акантитом) классом золотой группы месторождений, в признаковых моделях всех групп золото-серебряных месторождений коэффициенты сходства для этого объекта не превышают 0,175. Это, с одной стороны, свидетельствует о принадлежности его к другому рудноформационному ряду, а с другой — о наличии в различных рудноформационных рядах классов месторождений, близких по составу руд.

Наиболее многочисленными среди золото-серебряных месторождений, включенных в банк данных (29 из 66), являются месторождения, в рудах которых представлены в различных количественных соотношениях две продуктивные ассоциации минералов — полисульфидная и серебро-сульфидная (акантитовая). Среди них наметились два класса месторождений. Первый — с преобладающей ролью полисульфидной ассоциации, несколько повышенной сульфидностью (1—5 %), в рудах которых в виде примеси иногда отмечаются теллуриды, а золото-серебряное отношение колеблется в пределах от 0,1—0,2 до 1. Эти месторождения отнесены к золото-полисульфидному (с акантитом) классу и включены в золотую группу переходного состава. Месторождения, в которых преобладает серебро-сульфидная (акантитовая) минеральная ассоциация, как правило, убогосульфидные и более высокосеребристые (золото-серебряное отношение от 0,1—0,5 до <0,01) отнесены ко второму — серебро-сульфидному (акантитовому) классу золото-серебряной группы. Для объектов, имеющих промежуточные минералогическо-геохимические характеристики, часто весьма затруднительно определить принадлежность к одному из этих классов.

Полученные по результатам математической обработки признаковые модели этих двух классов месторождений достаточно четко различаются по информативности некоторых признаков. В этих моделях высокую информативность (даже более высокую,

чем основной разделяющий признак — состав типовых продуктивных ассоциаций минералов) — имеют геологические признаки. Для полисульфидного (с акантитом) класса — это состав ассоциирующих интрузивных образований (габбро-диориты, диориты) с информационным весом признака 19,3 %, а для серебро-сульфидного (акантитового) — состав рудогенерирующей формации (базальт-андезит-риолитовая) с информативностью 23,3 %. В числе высокоинформативных признаков оказались также типоморфные текстуры руд: крустификационно-полосчатая для полисульфидного (с акантитом) — 19,3 %, колломорфно-полосчатая для серебро-сульфидного (акантитового) — 13,1 %. Для последнего высокую (18,8 %) информативность имеет также золото-серебряное отношение в рудах.

Принадлежность ряда объектов к рассмотренным выше классам определялась по рассчитанным коэффициентам сходства объектов с полученными признаковыми моделями. При этом для ряда объектов, в основном мелких по масштабам, коэффициенты сходства с тем и другим классом примерно одинаковы и лежат в пределах от 0,4 до 0,5, что затрудняет однозначное определение того, к какому классу относится объект, и связано, скорее всего, с недостаточной их изученностью.

Таким образом, по результатам математической обработки методом логико-информационного анализа банка данных по 66 золото-серебряным месторождениям удалось сделать следующее.

Выделены достаточно однородные по геологическим и вещественным характеристикам группы месторождений: золото-теллуровая и золото-серебряная, характеризующиеся комплексом высокоинформативных разделяющих признаков, а также группа переходного состава с широкими вариациями признаков, информационный вес которых для данной группы оказался ниже порога информативности. По нашему мнению, золото-теллуровая и золото-серебряная группы могут рассматриваться как субформации — крайние члены единой рудной формации вулканогенных золото-серебряных месторождений, между которыми существует переходная группа

месторождений с широкими вариациями минералого-геохимических характеристик. По систематике В.А.Кузнецова [2], эти субформации отвечают двум генетическим сериям: золото-теллуридной, парагенетически связанной с фемическими вулканоплутоническими образованиями, и золото-серебро-селенидной, ассоциирующей с салическими вулканоплутоническими образованиями, а связующим звеном между ними является золотая, находящаяся в парагенетических отношениях с магматами среднего и умеренно кислого состава. Последняя по своим характеристикам отвечает выделенной нами группе переходного состава. По М.М.Константинову [1], эти группы примерно соответствуют геохимическим типам.

Выделены девять классов (минеральных типов) месторождений, для которых высокоинформативными признаками, наряду с составом основных продуктивных ассоциаций, являются также и некоторые геологические признаки — состав рудогенерирующих стратифицированных и интрузивных геологических формаций, ассоциирующих с ними интрузивных образований, состав рудовмещающих пород, которые могут рассматриваться как элементы геологических обстановок формирования соответствующих минеральных типов.

Уточнена формационная принадлежность некоторых объектов, традиционно относимых к формации вулканогенных золото-серебряных месторождений, но получивших по результатам математических расчетов весьма низкие коэффициенты сходства с выделяемыми группами и минеральными типами и относящихся, по-видимому, к другим рудноформационным рядам.

Уточнена принадлежность конкретных объектов к классам — минеральным типам.

Рассчитаны коэффициенты сходства включенных в выборки месторождений с признаковыми моделями выделяемых групп и классов.

Результаты математической обработки банка данных представлены в виде минералогической классификации в таблице 3, где приведены примеры месторождений как России, так и зарубежных стран, имеющие максимальные коэффициенты сходства с полученными признаковыми моделями минеральных типов. Приведенная классифика-

3. Минеральные типы вулканогенных золото-серебряных месторождений (по результатам логико-информационного анализа)

Субформация, группа	Минеральный тип (класс)	Золотоносные ассоциации (минералы золота, проба Au)	Месторождения России, зарубежные аналоги
Золото-теллуровая	Золото-теллуридный	Теллуридов Au, гольдфилдит-теллуридная (калaverит, креннерит, самородное, >950, 850—950)	Агинское (1,000) <i>Тава</i> (1,000), <i>Крипл Крик</i> (0,790)
	Золото-блеклорудно-теллуридный	Тетраэдрит-теннантит-теллуридная (самородное, 850—950, >950)	Прасоловское (0,759) Озерновское (0,625) <i>Голдфилд</i> (0,545)
	Золото-полисульфидно-теллуридный	Галенит-сфалеритовая, теллуридов Au и Ag (самородное, 750—850)	Многовершинное (0,954) Оганчинское (0,954) <i>Антамок Акупан</i> (0,745)
Золотая группа переходного состава	Золото-полисульфидный	Галенит-сфалеритовая (самородное, 750—850)	<i>Силвертон Теллурид</i> (0,825)
	Золото-полисульфидный (с акантитом)	Галенит-сфалеритовая, акантитовая (самородное, 600—750, 500—600)	Аметистовое (1,000) Сергеевское (0,807) Агатовское (0,807) <i>Тайольтитта</i> (0,807) <i>Вайхи</i> (0,614))
	Золото-кварцевый	Золото-кварцевая (без сопутствующих рудных минералов) (самородное, 750—850, 600—750, 500—600)	Покровское (1,000) Бараньевское (0,933) Кубака (0,825) <i>Оатман</i> (0,694)
Золото-серебряная	Золото-серебро-блеклорудный	Фрейбергитовая (тетраэдритовая), сульфоселей и селенидов Ag (самородное, 500—600, 600—700)	Промежуточный (1,000) Балей (0,895) Карамкен (0,814)
	Золото-серебро-сульфидный (акантитовый)	Акантитовая, галенит-сфалеритовая (самородное, 500—600, 600—750)	Приморское (1,000) Хаканджа (0,738) <i>Пачука</i> (1,000) <i>Кономаи</i> (0,854)
	Золото-серебро-селенидный	Селенидов Ag, акантитовая (самородное, 500—600, 600—750)	Асачинское (0,630) <i>Кусикино</i> (1,000) <i>Репаблик</i> (0,821)

П р и м е ч а н и е . Выделены эталонные объекты, цифры в скобках — коэффициент сходства.

ция может служить основой для разработки детальной систематики золото-серебряных месторождений на рудноформационной основе.

Авторы глубоко признательны А.И.Кривцову за ценные советы и замечания, сделанные в процессе подготовки этой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов М.М. Геохимические типы золотого оруденения в вулканических областях // Докл. АН СССР. 1977. Т. 234. № 1. С. 180—183.
2. Кузнецов В.А., Дистанов Э.Г., Оболенский А.А. Общие принципы и методы выделения рудных формаций и их систематика / Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. — М.: Наука, 1972. С. 7—22.

- ных ископаемых. Вып. 10. — М.: Наука. 1973. С. 240—249.
5. Петровская Н.В. Самородное золото. — М.: Наука, 1973.
 6. Петровская Н.В., Шер С.Д., Сафонов Ю.Г. Формации золоторудных месторождений / Рудные формации эндогенных месторождений. Т. 2. — М.: Наука. 1976. С. 3—110.
 7. Тимофеевский Д.А. О формационной классификации, минеральных типах и золотоносных минеральных ассоциациях золоторудных месторождений СССР / Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 96. Ч. 1. С. 5—32.
 8. Хомич В.Г. Принципы рудноформационной систематики проявлений золото-серебряной минерализации для прогнозно-металлогенических целей / Минеральные типы рудных месторождений в вулканогенных поясах и зонах активизации Северо-Востока Азии. — Владивосток, 1983. С. 200—235.
 9. Чижова И.А. Оценка роли признаков в комбинаторно-логических задачах распределения: Автореф. канд. дисс. — М.: ВЦ АН СССР, 1988.

A. N. Nekrasova, V. Yu. Oreshin, I. A. Chizhova

CLASSIFICATION OF GOLD-SILVER DEPOSITS ON THE BASIS OF LOGICAL DATA ANALYSIS

As a result of mathematical processing of a databank on gold-silver deposits, Au-Te and Au-Ag groups have been established which may be considered as subformations. Within each of these groups, mineral types are distinguished by certain sets of information-bearing geological and mineralogy-geochemical characteristics.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.43:549.241(571.66)

© А. Г. Волчков, В. С. Звездов, 1997

ПРИРОДА ПРОЯВЛЕНИЙ МЕДНО-МЫШЬЯКОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МАЛЕТОВВАЯМСКОГО СТРАТОВУЛКАНА

А. Г. ВОЛЧКОВ, В. С. ЗВЕЗДОВ (ЦНИГРИ МПР России)

Проанализированы геологическая позиция и минералогические характеристики проявлений люцитит-энаргитовых руд в апоэффузивных кварцитах Малетовваямского стратовулкана Камчатки. Установлен наложенный характер медно-мышьякового оруденения, связанного со становлением прогнозируемого на глубине крупного массива диоритового состава. По ряду черт изученные проявления медно-мышьяковой сульфосолевой минерализации центральной и периферийных частей Малетовваямской вулканотектонической структуры можно рассматривать в качестве поисковых признаков не вскрытой эрозией крупной медно-порфировой рудно-магматической системы, соответствующей потенциальному рудному полю.

Строение и рудно-метасоматическая зональность медно-порфировых рудно-магматических систем к настоящему времени достаточно хорошо изучены. Дж.Лоуэллом и Дж.Джилбертом [14], В.Холлистером [11, 12], Р.Силлитоу [16], В.С.Поповым [8], А.И.Кривцовым и И.Ф.Мигачевым с соавторами [3—5] и другими исследователями созданы модели зональности медно-порфировых объектов, образованных в различных геотектонических условиях. Согласно этим моделям, рудно-метасоматическая зональность конкретных месторождений может соответствовать одному из трех вариантов: кварц-монцититовой, диоритовой и гранитной. В моделях учтены минеральный и вещественный составы метасоматитов и руд ядерных, центральных (рудноносных) и внешних частей медно-порфировых систем. Минералого-геохимический облик последних обусловлен закономерным размещением в пространстве (вокруг порфировых интрузивов) определенных типов руд [5]: магнетит-пиритового, молибденитового, пирит-халькопиритового и халькопирит-борнитового, полисульфидного и энаргит-полисульфидного, локализованных соответственно в существенно кварцевых (монокварцевых), биотит-калишпатовых (и/или

биотитовых), серицитсодержащих, аргиллизитовых (иногда с алунитом) и пропилюитовых метасоматитах.

Элементы рудно-метасоматической зональности были использованы при создании геолого-поисковых моделей рудных полей и месторождений медно-порфирового типа [6], в которых в числе многих параметров учтена и глубина их эрозионного среза. В то же время, из-за редкости малоэродированных объектов самые верхние части медно-порфировых систем изучены недостаточно. При значительном вертикальном размахе систем, оцениваемом Р.Силлитоу [16] до 7—8 км, признаки скрытых на глубине месторождений могут быть слабо проявлены на дневной поверхности, а значит, пропущены при геолого-поисковых работах. В иных случаях они могут быть представлены в виде проявлений минерализации специфических рудноформационных типов, на первый взгляд «самостоятельных» и не связанных с медно-порфировыми системами, например, серного и медно-мышьякового типов.

Данная работа посвящена описанию Малетовваямской группы рудопоявлений Камчатки, принадлежащих к двум последним упомянутым типам, их позиции, геологическому строению и минеральному составу.

ву метасоматитов и руд. Подобные проявления широко распространены в Корякской части Камчатского полуострова и рассматривались до сих пор в качестве самостоятельных продуктов рудогенеза [1, 7, 9]. С нашей точки зрения, они могут указывать на скрытые медно-порфировые объекты и представлять таким образом не только научный, но и практический интерес.

Региональные структуры Северо-Востока России, вмещающие объекты различной рудноформационной принадлежности, в том числе немногочисленные медно-порфировые, представляют собой окраинно-континентальные вулканоплутонические пояса (ВПП) андезитоидного типа. По ряду характеристик они имеют большое сходство со знаменитыми кордильерскими и андийскими ВПП глобального Восточно-Тихоокеанского металлогенического пояса, где сосредоточено большинство молибден- и медно-порфировых месторождений мира, в том числе наиболее крупные и уникальные, такие как Клаймакс и Бингхем (США), Чукикамата и Эль-Теньенте (Чили) и другие. Однако к настоящему времени здесь обнаружены лишь отдельные промышленно значимые объекты. К ним, в первую очередь, принадлежат месторождение Песчанка Баимского рудного района Чукотки, являющееся наиболее крупным медно-порфировым объектом России, и находящееся в том же районе месторождение Находка. Кроме них на Чукотке и Камчатке известны многочисленные рудопроявления медно-порфирового и специфического золото-медного рудноформационных типов, некоторые из которых представляют несомненный интерес, но к настоящему моменту недостаточно оценены. Среди них, в частности, медно-порфировые рудопроявления Эргувеевского района Чукотки, рудопроявления золото-молибден-медно-порфирового типа Андриановско-Крутогоровской зоны Камчатки, золото-медные прожилково-вкрапленные руды в кольцевых субщелочных массивах (Кирганикское, Шаромское, Позднее, Хим и др.) Центральной Камчатки, а также анализируемые в настоящей статье проявления медно-мышьяковой сульфосолевой минерализации (участки Юбилейный и Октябрьский) в пределах крупномасштабной Малетойваямской

вулканотектонической структуры в северной «корякской» части полуострова.

Геоструктуры Камчатского полуострова, вмещающие проявления медно-порфировых и золото-медных прожилково-вкрапленных руд, описаны в работах Г.М.Власова, В.В.Василевского [1], А.И.Кривцова, И.Ф.Мигачева, О.В.Мининой и др. (1970), Ю.М.Стефанова, Б.И.Широкого [9], Э.Н.Эрлиха [10] и других.

Медно-порфировое оруденение сопряжено с андезит-диорит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциацией (ВПА) Корякско-Центрально-Камчатского ВПП ($N-Q$), наложенного на краевую восточную часть предшествующей Охотско-Корякской геосинклинально-складчатой системы (K_2-P_1), в тылу Курильско-Восточно-Камчатской эвгеосинклинали. Пояс протягивается на 1800 км и контролируется Камчатско-Вывенским глубинным разломом. Он сформирован в орогенно-активизационном режиме на коре континентального типа мощностью около 40 км. Фундамент ВПП представлен докембрийскими (PR) и палеозойскими метаморфическими комплексами, выходящими на дневную поверхность в пределах Срединно-Камчатского массива, а также вулканогенно-осадочными и плутоногенными породами эвгеосинклинальных прогибов [9].

Проявления медно-порфировых руд связаны с массивами габбро-диорит-гранодиоритовой формации раннего (N_{1-2}) этапа становления ВПП. Отличительной особенностью последнего является устойчивая пространственно-временная ассоциация медно-порфирового оруденения с золото-серебряным как в пределах единых металлогенических зон, так и в рудных районах. Подобная ситуация установлена для ряда окраинно-континентальных ВПП Перуанско-Чилийской провинции, где сосредоточены наиболее крупные медно-порфировые месторождения мира.

Проявления медно-мышьяковой минерализации приурочены к Малетойваямской вулканотектонической структуре, представляющей собой крупный стратовулкан Корякско-Центрально-Камчатского неоген-четвертичного ВПП (рис. 1). Здесь в начале семидесятых годов в ходе разведки крупного серного месторождения с проходкой канав и

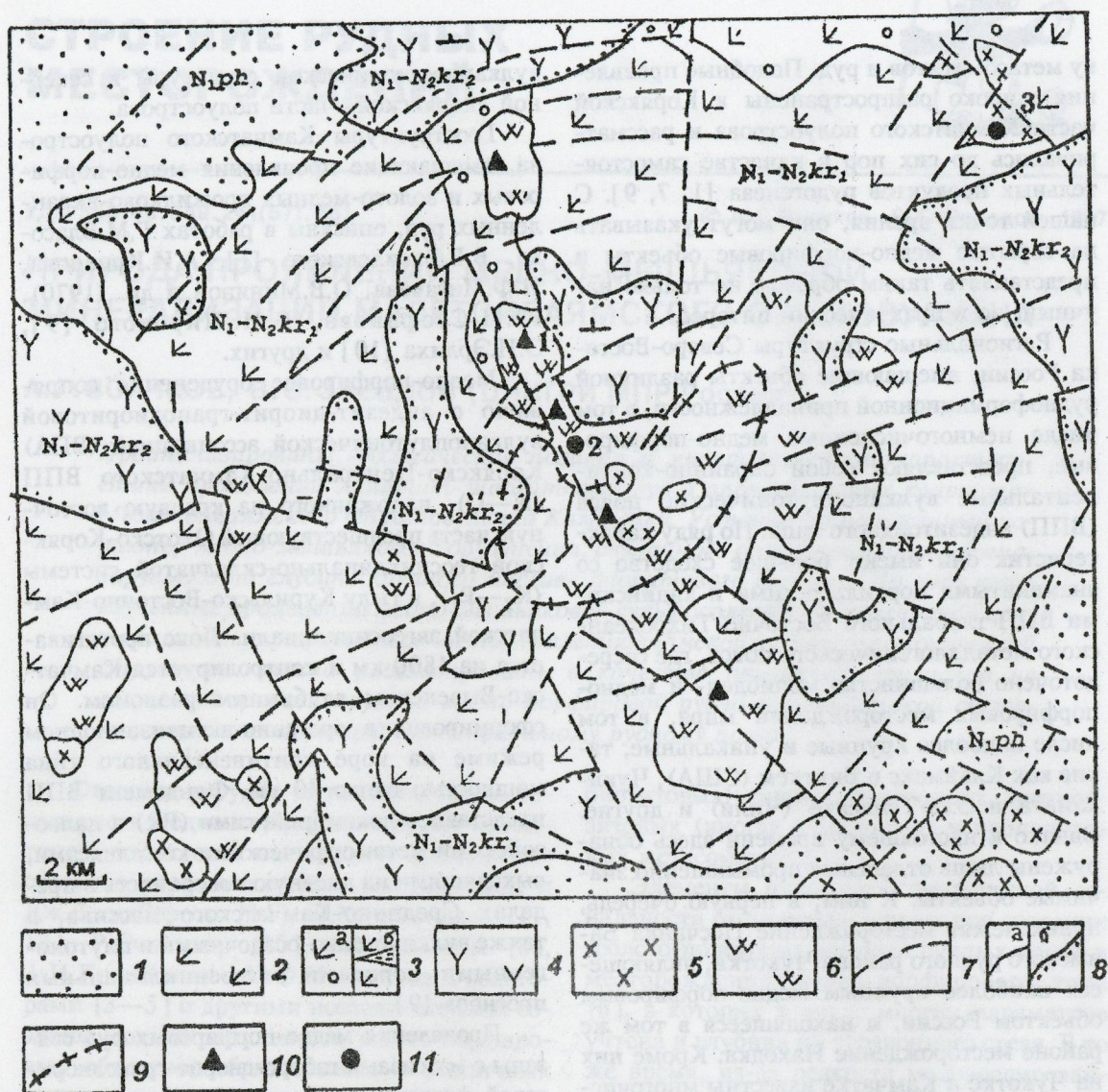


Рис.1. Геолого-структурная схема Малотойваямского стратовулкана. Составлена с использованием материалов А.Е.Конова и Л.Л.Ляшенко (Малотойваямская ГРП).

1 — пахачинская свита: песчаники, гравелиты, конгломераты с горизонтами известняков и углистыми прослоями; нижняя толща корфовой свиты: 2 — лавы и преобладающие туфы андезитового состава, 3 — вулканомиктовые образования: на схеме (а), на разрезе (б); верхняя толща корфовой свиты: 4 — лавы андезитового состава; 5 — субвулканические интрузии: диоритов и диоритовых порфиров, коагматичные вулканитам нижней толщи корфовой свиты; 6 — гидротермально-метасоматические породы (нерасчлененные); 7 — кольцевые и радиальные разломы; 8 — геологические границы: а — согласного и б — несогласного залегания пород; 9 — граница аномалии силы тяжести, превышающей 40 мГл; 10 — месторождения и рудопроявления серы; 11 — проявления люцит-энаргитовой минерализации. Цифры на схеме: 1 — Центральный участок Малотойваямского серного месторождения; участки проявления медно-мышьяковой минерализации: 2 — Юбилейный, 3 — Октябрьский.

бурением скважин глубиной до 200—300 м геологами Северо-Камчатской ГРЭ А.Е.Коновым, Л.Л.Ляшенко, Г.И.Михайловой, Ю.М.Стефановым и др. среди алунит- и зунитсодержащих апоэффузивных кварцитов прижерловой части стратовулкана была обнаружена медно-мышьяковая сульфосолевая минерализация (участок Юбилей-

ный), а в периферийных областях вулканической постройки поисковыми работами выявлен ряд рудопроявлений аналогичного минерального состава (Октябрьское, Вамтуваямское), сопряженных с мелкими штоками диоритовых порфиров [9].

Субстрат стратовулкана сложен песчаниками, гравелитами, конгломератами с

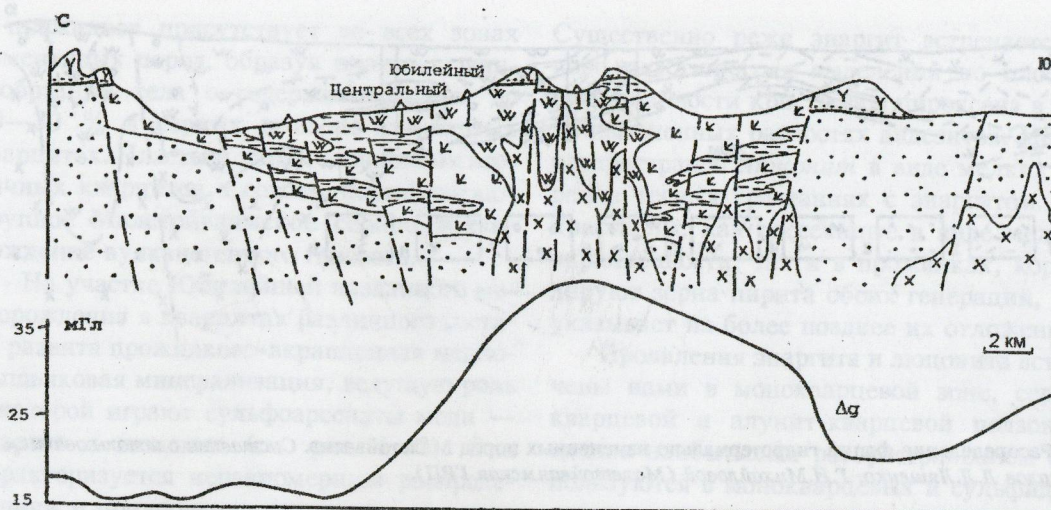


Рис.2. Схематический геолого-геофизический разрез Малетойваямского стратовулкана. Составлен с использованием материалов Л.Л.Ляшенко (Малетойваямская ГРП).

Усл. обозн. см. на рис. 1.

прослоями угленосных отложений, мергелей и известняков, входящими в ранне-среднемиоценовую пахачинскую свиту. Собственно стратовулкан сложен породами нижней толщи позднемиоценовой — плиоценовой корфовской свиты. Эта толща, существенно пирокластическая (коэффициент эксплозивности 70 %), представлена агломератами и лавами пироксеновых и двупироксеновых андезитов, андезито-базальтов и андезито-дацитов. В локальных депрессионных структурах просадочного типа присутствуют также вулканомиктовые и осадочные породы с угленосными прослоями.

С нижнекорфовскими вулканитами тесно ассоциируют интрузивные тела диоритовых порфиритов, кварцевых диоритов и гранодиоритов, образующих штоки и неправильные по форме тела площадью от 0,1 до 10 км². По своим петрографическим и петрохимическим особенностям и по времени формирования эти интрузии близки к нижнекорфовским вулканитам и, по-видимому, представляют собой субвулканические комагматы последних.

Верхняя толща существенно лавовая (коэффициент эксплозивности 15 %). Она представлена пологозалегающими покровами пироксеновых и двупироксеновых андезитов с горизонтами туфов того же состава, андезито-базальтами в основании разреза и андезито-дацитами в его верхах. В верхнекорфовских

вулканогенных породах встречаются экстррузии андезито-дацитов, дацитов и риолито-дацитов.

Толща нижнекорфовских вулканитов характеризуется пологим залеганием (<10—15°) и представляет собой в плане купольную структуру, а в разрезе — двояковыпуклую линзу (рис. 2). Подобные структуры, названные Э.Н.Эрлихом [10] вулканогенными биклиналями, широко развиты в пределах четвертичных вулканических поясов Тихоокеанского кольца. Их двояковыпуклая форма возникает в ходе некомпенсированного прогибания в начальной стадии активного вулканизма, сменяющегося затем процессами компенсации и перекompенсации.

Положение центральной (жерловой) части палеовулкана подчеркивается сжатием радиальных разломов и развитием именно в этой части структуры значительного по площади массива апоэффузивных вторичных кварцитов, а также группы мелких интрузивных тел диоритовых порфиритов. Последние, по-видимому, являются апофизами «интрузии под вулканом», присутствие которой на глубине подтверждается данными гравиметрии и магнитометрии (см. рис. 2).

На периферии стратовулкана встречены небольшие интрузивы диоритовых порфиритов, по составу аналогичные располагаю-

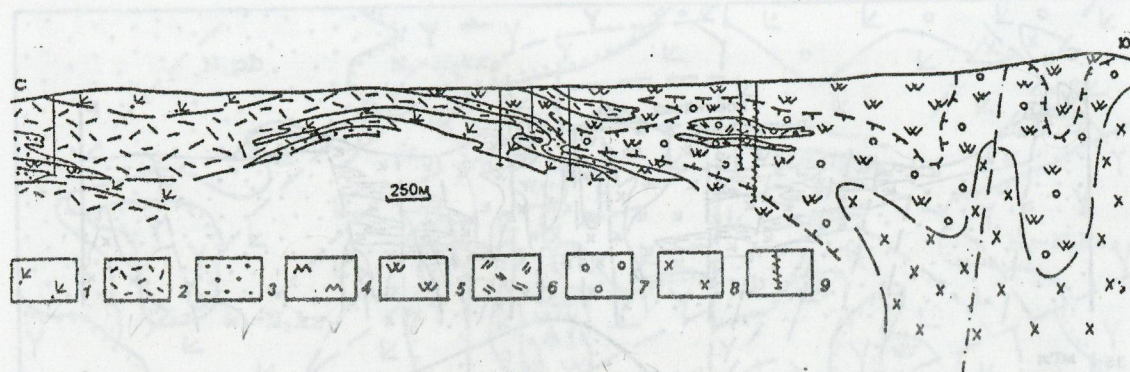


Рис. 3. Распределение фаций гидротермально измененных пород Малетойваяма. Составлен с использованием материалов Л.Л.Ляшенко, Г.И.Михайловой (Малетойваямская ГРП).

1 — пропилитизированные андезиты нижней толщи корфовской свиты; гидротермально-метасоматические породы: 2 — монтмориллонитовые и каолин-монтмориллонитовые, 3 — каолин-кремнистые и каолин-алунит-кварцевые, 4 — серицит-кварцевые, 5 — кварц-алунитовые, 6 — монокварциты, 7 — сероносные кварциты, 8 — экзоконтактовые высокотемпературные андалузит-зунитсодержащие кварциты, 9 — субвулканический интрузив диоритовых порфиров; 10 — люцит-энаргитовая минерализация, установленная в керне буровых скважин.

щимся в его центральной части и контролируемые кольцевыми разрывными нарушениями.

Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы нижней части корфовской свиты, слагающие жерловую зону стратовулкана, преобразованы в серосодержащие гидротермалиты, которые залегают в виде полосы север-северо-западного простирания, шириной 300—500 м и протяженностью до 7 км [2, 9]. Среди них выделяются апоэффузивные вторичные кварциты — существенно кварцевые (монокварциты), каолиновые и алунитовые, а также аргиллизированные и слабо пропилитизированные породы — продукты сольфатарно-фумарольной деятельности Малетойваямского палеовулкана.

В плане и разрезе массива измененных пород установлена отчетливая зональность, выраженная рядом последовательно сменяющих друг друга зон (от центра к периферии): монокварцевая с сульфидно-кварцевой подзоной → существенно кварцевая с серно-кварцевой, алунит-кварцевой и серно-алунит-кварцевой подзонами → серицит-кварцевая → существенно каолиновая с каолин-алунит-кварцевой и каолин-кремнистой подзонами → каолин-монтмориллонитовая → существенно монтмориллонитовая → пропилитовая (рис. 3).

Главные рудные минералы вторичных

кварцитов — пирит, марказит и арсенопирит. Широко развита также самородная сера.

Наиболее распространенным рудным минералом является *пирит*, представленный двумя генерациями. Кубические и октаэдрические кристаллы пирита I имеют размеры от долей миллиметра до первых миллиметров. Пирит II и *марказит* присутствуют в виде почковидных и глобулевидных выделений колломорфного строения такого же размера. В полированных шлифах нередко наблюдается обрастание кристаллов пирита I агрегатами пирита II и марказита. Обособления и сростки пирита двух генераций и марказита образуют прожилки, желваки и рассеянную вкрапленность, нередко массивные тела линзовидной формы мощностью в несколько метров. Эти минералы распространены практически во всех выделенных разновидностях кварцитов, занимая до 10% их объема, а в сульфидно-кварцевой подзоне — от 20 до 80 %.

Вторым по распространенности минералом является *арсенопирит*, присутствующий во всех метасоматических зонах. Его мелкая вкрапленность и более редкие прожилки постоянно сопутствуют пириту. Нередко этот минерал образует реакционные каймы вокруг кристаллов пирита.

Самородная сера в виде гнезд, желваков

и прожилков присутствует во всех зонах измененных пород, образуя пласто- и линзообразные тела с содержанием серы до 20—30 % в серных и серно-алунитовых кварцитах. Пласты и линзы сероносных вторичных кварцитов в совокупности составляют крупное Малетойваямское серное месторождение вулканогенного генезиса.

На участке Юбилейный названного месторождения в кварцитах различного состава развита прожилково-вкрапленная медно-мышьяковая минерализация, ведущую роль в которой играют сульфоарсенаты меди — энаргит и люцонит (см. рис. 1, 2). Она характеризуется неравномерным распределением и приуроченностью к гнездам, прожилкам и «струям» зунита, андалузита и диаспора, ареал распространения которых ограничивается жерловой зоной палеовулкана, интродуцированной штоком диоритовых порфириров.

В распределении высокоглиноземистых минералов наблюдаются элементы зональности. Зунит образует редкие гнездовые обособления в зоне каолин-алунит-кварцевых пород. Игольчатый андалузит и диаспор встречаются в монокварцевой и серицит-кварцевой зонах в виде гнезд, секущих маломощных (0,5—1,0 мм) прожилков и «струй», вблизи которых вмещающие апоэффузивные монокварциты полностью перекристаллизованы вплоть до образования роговиковых структур.

Широкое развитие в кварцитах наложенных высокоглиноземистых минералов наряду с роговиковыми структурами может быть связано с контактовыми преобразованиями апоэффузивных кварцитов под воздействием мощного интрузивного массива предположительно диоритового состава. Его присутствие на глубине подтверждается наличием мелких штоков-апофиз диоритовых порфириров среди кварцитов, а также гравиметрическими и магнитометрическими аномалиями [2, 9].

На участке Юбилейный арсенопирит практически отсутствует. Вторым по распространенности минералом (после пирита) является сульфоарсенат меди — энаргит (Cu_3AsS_4). Он представлен рассеянными мелкими игольчатыми кристаллами размером (по длинной оси): от 0,01 до 0,1 мм в кварцитах, от 0,1 до 3,0 мм — в маломощных (1,0—2,0 мм) прожилках и просечках.

Существенно реже энаргит встречается в виде пластинчатых выделений по плоскостям спайности кристаллов пироксена в мало измененных разностях андезитов. Менее распространен люцонит в виде мелких зерен в тесных сростаниях с энаргитом. Их кристаллы, как рассеянные в виде мелкой вкрапленности, так и в прожилках, корродируют зерна пирита обеих генераций, что указывает на более позднее их отложение.

Проявления энаргита и люцонита встречаются нами в монокварцевой зоне, серно-кварцевой и алунит-кварцевой подзонах, однако наибольшим распространением они пользуются в монокварцевых и сульфидно-кварцевых метасоматитах, пространственно тяготея к ареалу развития игольчатых обособлений и прожилков андалузита.

Содержания меди в медно-мышьяковых рудах участка Юбилейный невысоки. В одной из скважин, пересекающей кварциты, содержания меди на глубине от 90 до 180 м варьируют от 0,01 % до 0,2 %, достигая на отдельных пятиметровых интервалах максимальных значений в 1,2—2,7 %.

Кроме повышенных концентраций меди, мышьяка и ртути во вторичных кварцитах Малетойваяма пробирным и спектрально-химическими анализами выявлено золото с содержаниями от 0,1 до 0,6 г/т и серебро — до 20 г/т. Л.Л.Ляшенко и Г.И.Михайловой (1972 г.) установлена положительная корреляция концентраций золота и меди, что свидетельствует о близодновременном их отложении.

На Октябрьском участке на периферии стратовулкана выявлена аналогичная медно-мышьяковая минерализация в пространственной связи с небольшими по размерам изометричными в плане субвулканическими штоками диоритовых порфириров. Оруденение приурочено к линейным маломощным (до 250 м) зонам север-северо-западного простирания, прослеженным на 500—600 м. Они рассекают штоки и нередко выходят в малоизмененные вулканы (см. рис. 1).

От осевых частей зон к периферийным установлена закономерная смена метасоматитов: монокварцевых, нередко с участками кварц-карбонатных брекчий, в которых сосредоточена основная масса прожилково-вкрапленных руд → алунитовых кварцитов → каолин-алунит-кварцевых → алунит-ка-

олиновых → каолин-монтмориллонитовых → пропилитов [2].

Как и на участке Юбилейный, в существенно кварцевых метасоматитах установлен *андалузит*, представленный мелкими игольчатыми кристаллами, сконцентрированными в гнездах, секущих маломощных прожилках, а также равномерно рассеянными в монокварцитах роговиковой структуры.

Рудные минералы представлены пиритом, энаргитом, а также менее распространенными борнитом и халькопиритом. Встречены также аурипигмент и реальгар.

Пирит в виде изометричных зерен, реже кристаллов кубического и октаэдрического габитусов, образует маломощные (0,5—1,0 мм) прожилки и просечки во всех вышеназванных метасоматических зонах. Его количество не превышает 5—8 % объема пород.

Энаргит образует мелкие (0,01—0,05 мм) зерна, короткостолбчатые идиоморфные кристаллы (0,5—1,0 мм), нередко выполняет трещины спайности реликтов рудных минералов, а иногда полностью замещает их. Выделения энаргита корродируют и нередко рассекают более ранние кристаллы пирита.

Борнит развит в виде изометричных угловатых зерен размером от 0,5 до 3,0 мм. Нередко они «сливаются» в округлые штироподобные скопления диаметром до 10—20 мм. Борнит также выполняет трещины в кристаллах пирита, корродируя, а иногда полностью замещая его с возникновением псевдоморфоз. Нередко борнит развивается по периферии зерен энаргита с образованием реакционных кайм.

Халькопирит представлен выделениями неправильной формы размером от 0,01 до 0,5 мм, нередко образующими «цепочки» и быстро выклинивающиеся прожилки протяженностью до 1,0—2,0 мм. Кроме того, встречаются почковидные колломорфные обособления диаметром до 2,0—3,0 мм. Выделения халькопирита рассекают зерна пирита, борнита, развиваются в виде кайм и оторочек по граням идиоморфных кристаллов энаргита.

По установленной в полированных шлифах последовательности отложения рудных минералов (от ранних к поздним) — пирита, энаргита, борнита, халькопирита, аурипиг-

мента и реальгара выделены энаргитовая, борнит-халькопиритовая и аурипигмент-реальгаровая рудообразующие ассоциации.

Геологическая позиция изученных на Октябрьском рудопроявлении карбонат-андалузит-кварцевых метасоматитов и медных сульфосолевых и сульфидных руд свидетельствует об их связи с субвулканическими телами диоритовых порфириров. Вместе с тем, они имеют большое сходство с перекристаллизованными апоэффузивными кварцитами и люцит-энаргитовыми рудами Юбилейного участка Малетойваямского серного месторождения. Среди подвергшихся гидротермальному преобразованию пород месторождения идентифицируются диоритовые порфириды, слагающие мелкие штоки — предположительно апофизы прогнозируемого (по данным грави- и магнитометрической съемки) на глубине мощного диоритового массива. Это дает основание полагать, что медно-мышьяковая минерализация наложена на апоэффузивные кварциты жерловой части Малетойваямского палеовулкана и образовалась близодновременно со становлением порфировых фаз массива.

Таким образом, проявления медной сульфосолевой и сульфидной минерализации Юбилейного и Октябрьского участков обладают значительным сходством составов рудовмещающих метасоматитов, но несколько отличаются набором рудообразующих минеральных ассоциаций, т.е. рудной зональностью, что обусловлено, скорее всего, различным уровнем эрозионного среза — меньшим в первом случае и большим во втором. Вместе с тем, очевидно, что оба рудопроявления пространственно тяготеют к небольшим по размерам интрузивам диоритовых порфириров, распространенным как в жерловой части Малетойваямского стратовулкана, так и на его периферии.

Образование сероносных апоэффузивных кварцитов Малетойваямского месторождения в результате сольфатарно-фумарольного гидротермального преобразования вулканогенных пород продуктивной на медно-порфировое оруденение вулканоплутонической ассоциации предшествовало внедрению и становлению порфировых тел диоритового состава. С последними, вероятно, и связаны перекристаллизация и гидротермальное преобразование кварцитов в зунит-, диаспор- и

андалузитсодержащие метасоматиты с люцонит-энаргитовыми и борнит-халькопиритовыми прожилково-вкрапленными рудами. Следовательно, правомерно говорить о совмещении в пространстве разновозрастных продуктов поствулканической гидротермальной деятельности и процессов, сопровождающих внедрение и становление диоритового массива.

Подобные пространственные соотношения разновременных продуктов рудогенеза близкого минерального состава отмечены на ряде медно-порфировых объектов. Так, месторождение Речк в Венгрии, описанное С.Неметом [15], было обнаружено лишь в результате разбуривания корневых частей отработанных зон развития вкрапленных золото- и серебросодержащих пирит-энаргит-люцонитовых руд месторождения Лахоча, локализованных в интенсивно аргиллизированных андезитах. В итоге проходки глубоких скважин на 200—400 м ниже известных зон развития медно-мышьяковой минерализации здесь были вскрыты и прослежены до глубины 1200 метров медно-порфировые руды, локализованные в эндоэкзоконтактовой зоне обнаруженного штока диоритовых порфиров.

Примером наложения медно-порфировой минерализации на апоэффузивные гидротермалиты, подобного установленному на Малетойваяме, может служить также месторождение Ми-Вида в Аргентине, где, по данным М.Кухарски и Дж.Мирре [13], энаргит-марказитсодержащие $\text{Mo}-\text{Pb}-\text{Zn}-\text{Cu}$ руды локализованы в сероносных родохрозит-алунит-зуниит-серицит-галлуазитовых аргиллизитах.

Поскольку геологическая позиция и минералого-геохимические особенности медно-мышьяковых рудопоявлений Малетойваямского стратовулкана соответствуют характеристикам самых верхних частей рудно-магматических медно-порфировых систем (МПС), типовые модели которых разработаны Дж.Лоуэллом и Дж.Джилбертом, В.Холлистером и другими вышеназванными исследователями, описанные в статье объекты заслуживают более детального изучения с разбуриванием глубинных частей. Не исключено, что они являются признаками периферийных частей крупной (судя по размерам палеовулкана и полей гидротер-

мально измененных минерализованных пород), не вскрытой эрозией МПС, соответствующей по масштабам потенциальному рудному полю. Для проверки этого предположения, представляющего как научный (уточнение элементов-признаков верхних частей геолого-поисковой модели МПС), так и прикладной (возможность обнаружения промышленно значимого медно-порфирового месторождения) интерес, целесообразно провести дополнительное изучение площади с применением комплекса поисковых геофизических и геохимических работ, а также бурением нескольких глубоких (не менее 1000 м) скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов Г.М., Василевский М.М. Гидротермально измененные породы Центральной Камчатки, их рудоносность и закономерности пространственного размещения. — М.: Недра, 1964.
2. Волчков А.Г., Звездов В.С. О природе медной минерализации в гидротермалитах Малетойваяма (Северная Камчатка) //Труды ЦНИГРИ. Тезисы докладов юбилейной конференции. — М., 1981. С. 95—96.
3. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. — М.: Недра, 1983.
4. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфировые месторождения мира. — М.: Недра, 1986.
5. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Минералого-геохимические типы руд медно-порфировых месторождений — зональность и золотоносность //Геохимия. 1985. № 10. С. 28—41.
6. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / Авторы: В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, М.М.Константинов, А.И.Кривцов, Н.К.Курбанов, И.Ф.Мигачев. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
7. Поляков Г.П., Яроцкий Г.П. Метасоматическая зональность вторичных кварцитов Малетойваямского рудного узла Северной Камчатки / Рудная зональность и физико-химия гидротермальных систем. — Новосибирск: Наука, 1980. С. 43—49.
8. Попов В.С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. — М.: Наука, 1977.
9. Стефанов Ю.М., Широкий Б.И. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. — М.: Наука, 1980.
10. Эрлих Э.Н. Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца. — Новосибирск: Наука, 1973.
11. Hollister V.F. An appraisal of nature and source of porphyry copper deposits //Miner. Sci. and Eng. 1975. № 3. P. 225—230.
12. Hollister V.F. Geology of the porphyry copper

- deposits of the Western Hemisphere. — New York, Soc. Min. Eng. AIME. 1978.
13. Koukharsky M., Mirre J.C. Mi Vida prospect: a porphyry copper type deposit in Northwestern Argentina // *Economic Geology*. 1976. Vol. 71. P. 849—863.
 14. Lowell J.D., Guilbert J.M. Lateral and vertical alteration — mineralization zoning in porphyry copper deposits // *Economic Geology*. 1970. Vol. 65. P. 373—409.
 15. Nemeth C.J. A Recski mészszintű scinesfémers elofordulas es annak teleptani, erfoldtani kepo // *Földt. kozl.* 1975. 105. Suppl. P. 692—708.
 16. Sillitoe R.H. The tops and bottoms of porphyry copper deposits // *Economic Geology*. 1973. Vol. 68. P. 799—815.

A. G. Volchkov, V. S. Zvezdov

THE NATURE OF Cu—As MINERALIZATION OCCURRENCES IN THE MALETOYVAYAMSKY STRATOVOLCANO

Geological setting and mineralogical characteristics of luzonite-enargite ore occurrences in apoferric quartzites of the Maletoyvayamski stratovolcano in Kamchatka have been analyzed. A clearly superimposed character of Cu—As ore mineralization associated with the formation of a large inferred deep-seated diorite mass has been established. Judging from a number of features, the examined occurrences of Cu—As sulfosalt mineralization found in central and marginal zones of the Maletoyvayam volcanotectonic structure can be considered as exploration indicators of a large non-eroded porphyry copper ore-magmatic system corresponding to a potential ore field.

УДК 550.4:550.8:553.068.5 (571.55)

© Коллектив авторов, 1997

РОССЫПИ ГУРУЛЕВСКОГО ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Б. В. ТОМИЛОВ, А. М. СПИРИДОНОВ, Л. Д. ЗОРИНА, С. И. ПРОКОПЧУК (ИГХ СО РАН), Ф. В. ЗАХАРОВ (АО «Труд»), А. И. ТОКАРЕВ (ВостСибНИИГГиМС Минприроды)

На Покровско-Гурулевском рудном поле при геохимических поисках впервые установлена продуктивная россыпная золотоносность рыхлых позднелейстоцен-голоценовых отложений и выявлена промышленная пролювиально-аллювиальная россыпь золота. По результатам геохимического и шихового опробования, а также специализированного изучения золота установлено соотношение коренной и россыпной металлоносности для объекта золото-мышьякового рудноформационного типа, локализованного в низкогорном рельефе в условиях лесостепных семиаридных ландшафтов. По профилю «рудное тело → зона окисления → делювиальная россыпь → делювиально-пролювиальная россыпь» определена структура ресурсов золота, прослежено изменение его содержаний, ситовых и типоморфных характеристик.

Зоны окисления забайкальских полиметаллических месторождений еще более 290 лет назад были источниками добычи Pb, Zn, Ag и Au. На Нерчинских рудниках Приаргунья, работавших с 1704 г., было получено

первое российское золото [3]. В то время отрабатывались исключительно окисленные руды, а само золото попутно извлекалось при металлургической переработке серебро-содержащих концентратов и сплавов. Оче-

видно, что зоны окисления полиметаллических месторождений Приаргунья представляют собой основной коренной источник для известных здесь россыпей золота. Это связано с процессами осаждения, концентрации и, возможно, укрупнения металла в окисленных зонах, где его содержания в 2—5 раз выше, чем в первичных рудах. О генетической связи россыпей с зонами окисления свидетельствует сходство типоморфных характеристик коренного и россыпного золота, а также локализация головок россыпей непосредственно у выходов сульфидных руд на уровень современного эрозионного среза [2].

С учетом потенциальной золотоносности зон окисления приаргунских месторождений авторами проведены поисковые геолого-геохимические исследования, направленные на оценку перспектив россыпной металлоносности, связанной с Гурулевским месторождением золото-мышьякового рудно-формационного типа.

Гурулевское месторождение открыто в 1786 г. и частично отрабатывалось до 1829 г. С 30-х по 50-е годы нынешнего столетия здесь проводились разведочные работы с подсчетом запасов мышьяка и золота, а также исследования руд на обогатимость. Шахтами глубиной до 50 м вскрыты жилы Главная и Косая. До глубины 150 м пройдены линии скважин колонкового бурения, которыми выявлено несколько продуктивных рудных зон. О россыпной золотоносности объекта в материалах предыдущих исследований никаких сведений не приводится. Было известно лишь, что в пади Гурулевской установлены единичные шлиховые пробы с содержаниями золота 0,02—0,20 г/м³.

Месторождение находится на границе степной и лесостепной зоны на водоразделе между вершинами падей Волчья и Гурулевская в осевой части Кличкинского хребта. Абсолютные высоты составляют около 900—1000 м. Климат района резко континентальный. Территория входит в зону островной мерзлоты, достигающей мощности 10—20 м. Сочленение вершины пади Гурулевской с рудовмещающей седловиной создает оптимальную обстановку для концентрации свободного золота и других полезных компонентов в тальвеговых частях долины.

Локализация рудных тел на водоразделе обеспечивает благоприятные условия для изучения путей сноса рыхлого минерализованного элювиально-делювиального материала.

С целью выявления путей сноса рудного обломочного материала и свободного золота проведено крупномасштабное литогеохимическое опробование руд, вмещающих пород, зоны окисления, элювиально-делювиальных отложений склонов и пролювиально-аллювиальных осадков тальвегов временных водотоков. Эти исследования позволили также определить интенсивность геохимических аномалий Au, As, Ag и др. рыхлого чехла и установить их связь с составом первичных и окисленных руд.

Вмещающие породы, первичные и окисленные руды опробовались в коренных обнажениях, шахтах, канавах и отвалах, склоновые отложения — по профилям, ориентированным вниз по склону в направлении тальвега пади по вектору сноса продуктов разрушения. Пробы отбирались из стенок мелких (0,5—1,2 м) шурфов через интервалы от 10—15 до 35—40 см. Расстояние между шурфами составляло 100—150 м. Опробование потоков рассеяния проводилось вдоль тальвегов ложков и распадков из копушей глубиной 10—15 см. Шаг отбора проб составлял 100—150 м.

Анализы на золото выполнялись двумя методами: атомно-абсорбционным на приборе Perkin-Elmer-303 и сцинтилляционным эмиссионным спектральным на квантometре ФС-36 (кроме содержаний, определялся размер частиц золота и серебра в пределах от 3 до 50 мкм). Все пробы анализировались также приближенно-количественным спектральным методом на 39 элементов. Определение вторичных минералов из зоны окисления выполнялось посредством рентгеноструктурного анализа на дифрактометре «Дрон-3». Минеральный состав руд изучался в шлифах и аншлифах под микроскопом.

Параллельно с геохимическим проводилось шлиховое, шлихогеохимическое и валовое опробование элювиальных, элювиально-делювиальных и пролювиально-аллювиальных рыхлых отложений склонового чехла и днищ падей. Целью этих видов опробования было установление содержаний свободного (гравитационно извлекаемого,

очень мелкого трудно извлекаемого и тонкодисперсного) и связанного в сульфидах золота, а также определение его гранулометрических характеристик и типоморфных особенностей.

Шлиховые пробы отбирались из копушей в тальвегах ложков и распадков с глубины 0,3—0,5 м, из заверочных шурфов и отвалов старых разведочных канав и шахт. Расстояния между точками опробования в тальвегах составляли 100—400 м, а по профилям в пределах месторождения — 20—50 м. Промывка проб объемом 0,02—0,04 м³ велась на деревянных лотках сибирского типа до серого шлиха.

Валовому опробованию подвергались продукты зоны окисления из шахт и отвалов, а также пролювиально-аллювиальные осадки днищ падей. С этой целью в их тальвегах было пройдено 20 мелких (1,6—2,2 м) шурфов по 12 линиям с расстоянием между линиями 150—600 м, а между выработками 10—20 м. Вертикальный интервал опробования в шурфах — 0,4—1,0 м, объем проб — 0,6—1,0 м³. Их промывка велась на гидравшгердте с последующей доводкой шлиха на лотке.

По всем шлиховым и валовым пробам был выполнен сокращенный минералогический анализ. Золото из них извлекалось в тяжелых жидкостях, затем оно взвешивалось на аналитических весах с точностью до 0,01 мг, подсчитывались его содержания, описывались морфологические особенности, определялись литовый состав, проба и содержание микропримесей на микрозонде «Суперпроб-733» фирмы Jeol. После этого шлик истирался до 200 меш и подвергался атомно-абсорбционному анализу на золото и спектральному приближенно-количественному на 39 элементов.

Проведенный комплекс полевых и аналитических исследований, плотность сети планового и вертикального опробования и его объемы удовлетворяют условиям подсчета прогнозных ресурсов, отвечающих категории Р₁. При оценке ресурсов россыпей авторы применили два варианта количественных оценок, основанных на: 1) соотношении приповерхностных и пластовых концентраций в эталонных разведочных объектах и 2) использовании средних содержаний металла из приповерхностных отложений с

учетом его морфологических особенностей [10].

Гурулевское месторождение входит в состав Покровско-Гурулевского рудного поля (рис. 1). В геологическом строении месторождения (рис. 2) принимают участие доломитизированные известняки и мраморы раннего кембрия с пропластками углисто-мергелистых сланцев. С севера на них надвинуты кварц-сланцевые сланцы и роговики алтачинской свиты среднего кембрия. В западной части месторождения осадочно-метаморфическая толща прорвана диоритами и кварцевыми диоритами Запокровской интрузии, а в центральной части пересечена дайками гранит-порфиров, диоритовых порфиров и лампрофиров. В контакте с Запокровской интрузией развиты скарны. Вмещающие породы подвержены окварцеванию, доломитизации, анкеритизации, серпентинизации, хлоритизации, серицитизации, оталькованию и каолинизации [1]. Рудные жильные тела залегают в метаморфизованных карбонатных породах и часто приурочены к зальбандам даек гранит-порфиров и лампрофиров. По длине они достигают 360—370 м, средние мощности изменяются от 0,3 до 1,3 м. Простираются рудных тел СЗ 330—335° и субширотное.

Выделяются три минеральных типа руд: пирит-арсенопиритовый, существенно пирротиновый и галенит-сфалеритовый.

Пирит-арсенопиритовый тип — ведущий на месторождении. Он представлен массивными сплошными агрегатами или густой вкрапленностью сульфидов в сером кварце. Кроме пирита (20—30 %), арсенопирита (50—70 %), кварца (10 %) и золота, в нем в малых количествах присутствуют халькопирит, сфалерит, буланжерит, галенит, станнин, самородное серебро. Жильные минералы сложены кварцем, кальцитом, турмалином.

Существенно пирротиновый тип развит незначительно. В его составе — пирротин (до 20 %), марказит и пирит (до 15 %), арсенопирит (2—8 %), в малых количествах — сфалерит, халькопирит, самородный висмут, магнетит, висмутин, молибденит, касситерит; жильные — кварц, кальцит, хлорит.

Галенит-сфалеритовый — второстепенный тип (развит на отдельных участках руд

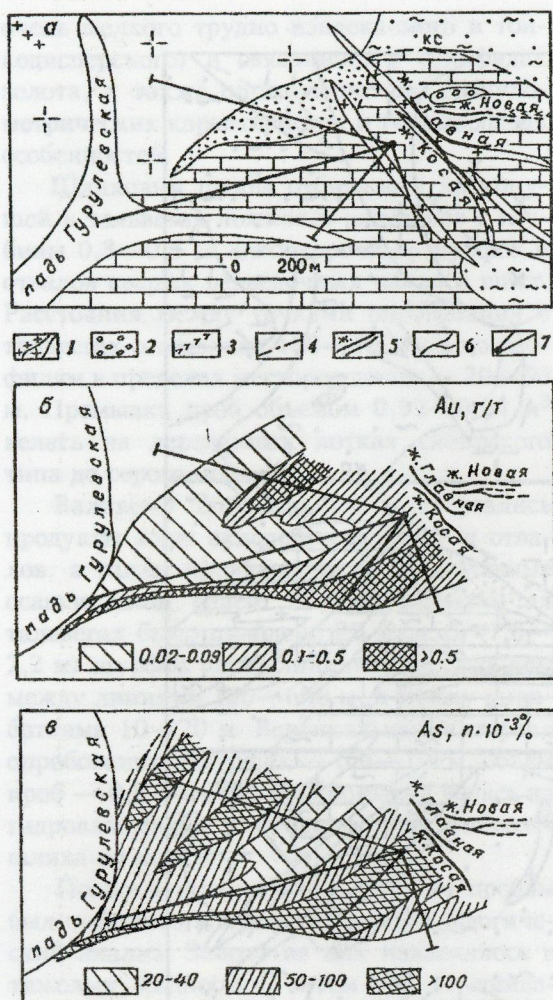


Рис. 2. Схематическая геологическая карта (а) и схема литохимических ореолов рассеяния Au (б) и As (в) Гурулевского месторождения.

1 — дайки гранит-порфиров и кварцевых порфиров; 2 — зоны окварцевания; 3 — дайки лампрофиров; 4 — тектонические нарушения; 5 — рудные жилы; 6 — русла временных водотоков; 7 — линии отбора литохимических проб; остальные усл. обозн. см. рис. 1.

двух первых типов). Главные минералы — галенит, пирит, сфалерит, подчиненное значение имеют халькопирит, блеклая руда, бурнонит, буланжерит и самородное серебро. Жильные минералы — кальцит и доломит.

Зона окисления Гурулевского месторождения имеет мощность 30—50 м, иногда до 100 м. Она представлена рыхлыми или слабосцементированными буровато-серыми охрами, состоящими из беспорядочной смеси кварца, лимонита, скородита, талька, яро-

зита, церуссита, уцелевших от окисления арсенопирита, пирита и галенита. По определению С.С.Смирнова [8, стр. 280] «Гурулевские окисленные руды чрезвычайно убоги свинцом и цинком, но сильно золотисты и мышьяковисты, и главная ценность их заключается в золоте и мышьяке». Установлены промышленные концентрации Au и As в рудах, но крайне неравномерное их распределение в зоне окисления.

Соотношение средних содержаний основных полезных компонентов по разным источникам:

	As, %	Au, г/т	Ag, г/т
первичные руды	7,8	4,6— 5,0	14,0— 14,3
окисленные руды	5,5	7,4— 10,0	16,5 — первые де- сятки

В целом в окисленных рудах просматривается тенденция уменьшения содержаний As и увеличения содержаний Au и Ag.

По результатам литохимического опробования склоновых рыхлых отложений Au установлено на всех вертикальных уровнях. Наиболее контрастные (0,1—0,5 г/т и более) и широкие его ореолы фиксируются на нижнем (0,5—0,7 м) горизонте разреза. На верхнем гипсометрическом уровне (подпочвенный горизонт 0,05—0,25 м) содержания Au во вторичных ореолах значительно ниже (0,02—0,09 г/т), однако по площади распространения они не уступают нижнему. В целом в плане наблюдается совмещенный со всех горизонтов мощный шлейф делювиальных отложений с аномальными концентрациями золота, который отчетливо прослеживается прямо от рудных жил до русла левого временного водотока пади Гурулевская (см.рис. 2, а и б), являющейся промежуточной областью аккумуляции рудного материала.

Наряду с Au, широкие и контрастные вторичные ореолы образуют As (см. рис. 2), Ag, В, Pb, Bi. Распределение повышенных содержаний этих элементов по разрезу и вектору сноса аналогично золоту. Не менее интенсивный шлейф делювиальных отложений с высокими содержаниями этих элемен-

тов, например, As — $(50-100) \cdot 10^{-3} \%$ и более, В — $(20-50) \cdot 10^{-3} \%$, выявлен к северо-западу от месторождения. Здесь же отмечаются и слабоконтрастные (0,02—0,09 г/т), но довольно значительные по площади ореолы золота. Наличие такой комплексной аномалии позволило авторам сделать предположение о существовании на этом участке скрытой рудной минерализации.

Рудные обломки и частично высвободившееся свободное золото под действием крипового смещения поступают в тальвеговую часть пади Гурулевская и затем переносятся временными водотоками. Поток рудного материала отчетливо прослеживается до слияния падей Гурулевская и Большой Зоргол и далее вниз по течению (рис. 3, а, б, в). Данные шлихгеохимического опробования четко фиксируют источник рудного вещества, пути миграции и концентрирования золота и его элементов-спутников, область их аккумуляции, что позволило выявить участки тальвегов, оптимальные для формирования россыпей, и провести наиболее рациональное размещение линий поисковых шурфов.

По результатам обработки и анализа материалов опробования, а также количественного локального прогнозирования выделено три золотороссыпных объекта: элювиальная остаточная россыпь зоны окисления верховьев пади Гурулевская, делювиальная склоновая россыпь верховьев пади Гурулевская и пролювиально-аллювиальная Гурулевско-Зоргольская россыпь.

Элювиальная россыпь зоны окисления располагается на водораздельной седловине над выходами сульфидных руд (см. рис. 1 и 2). Материал представлен рыхлыми окристо-кварцевыми образованиями, иногда сцементированными. Среди вторичных минералов обнаружены лимонит (гидрогетит), скородит, ярозит, бедантит.

Самые верхние горизонты зоны окисления (собственно «железная шляпа») сложены кварц-карбонатными образованиями, сцементированными лимонитовыми охрами. Их мощность составляет 5—10 м. Сульфидные минералы здесь полностью окислены, а золото вынесено на более низкие горизонты. Эта часть зоны окисления не представляет практического интереса как объект эксплуатации.

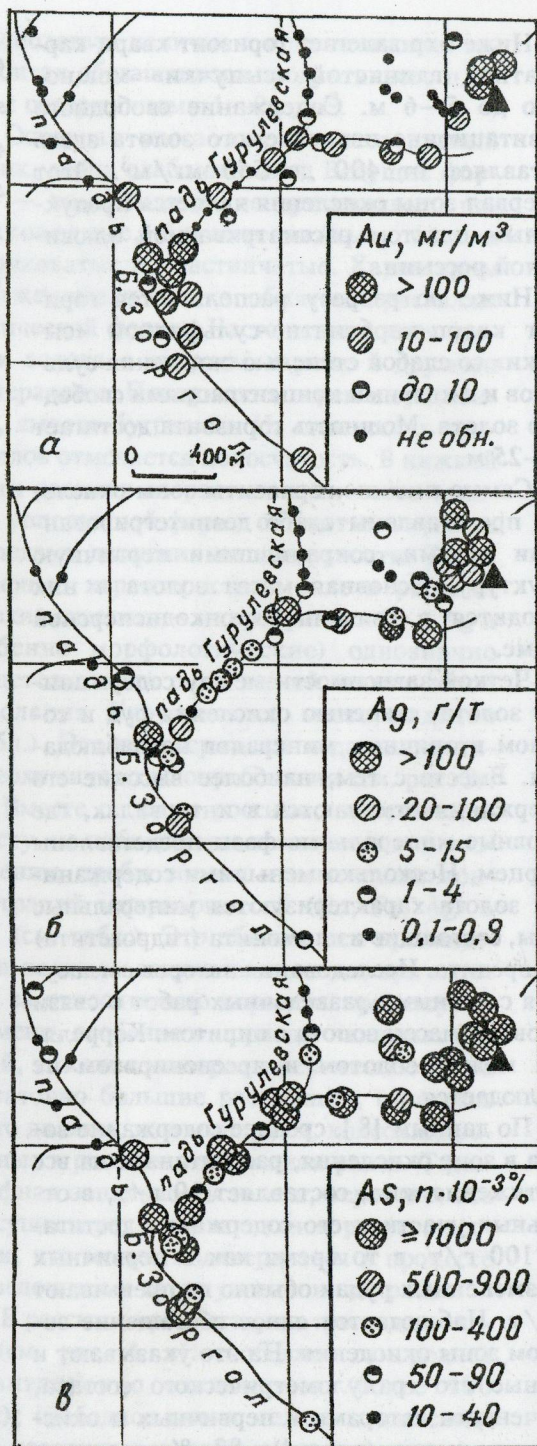


Рис. 3. Результаты шлихового геохимического опробования пролювиально-аллювиальных и делювиальных отложений бассейна водосбора Гурулевского месторождения.

а — содержания свободного россыпеобразующего золота; данные спектрального анализа шлихгеохимических проб: б — Ag, в — As; остальные усл. обозн. см. рис. 1, 2.

Ниже охр залегает горизонт кварц-карбонатной глинистой «сыпучки» мощностью до 5—6 м. Содержание свободного гравитационно извлекаемого золота здесь составляет от 400 до 550 мг/м³. Этот интервал зоны окисления является продуктивным пластом рассматриваемой элювиальной россыпи.

Ниже по разрезу располагается горизонт кварц-карбонатно-сульфидной «сыпучки» со слабой степенью окисления сульфидов и с низкими концентрациями свободного золота. Мощность горизонта достигает 20—25 м.

Самые нижние горизонты зоны окисления представлены слабо дезинтегрированными рудами, сохранившими первичную структуру. Основная масса золота в них находится в связанной тонкодисперсной форме.

Четкой зависимости между содержаниями золота, степенью окисления руд и составом вторичных минералов не наблюдается. Вместе с тем, наиболее высокие его содержания отмечаются в интервалах, где основные минеральные фазы представлены кварцем. Несколько меньшими содержаниями золота характеризуются минеральные фазы, состоящие из лимонита (гидрогетита) и скородита. Исследования авторов согласуются с данными разведочных работ о связи основной массы золота с пиритом. Корреляции между золотом и арсенопиритом не наблюдается.

По данным [8], среднее содержание золота в зоне окисления, рассчитанное на все протяжение жил, составляет 10 г/т, в отдельных участках его содержания достигают 100 г/т, в то время как в первичных неизмененных рудах обычно не превышают 5 г/т. Наблюдается явное обогащение золотом зоны окисления. На это указывают и данные его гранулометрического состава, изученного авторами в первичных и окисленных рудах (рис. 4). 83 % золота в первичных рудах находится в связанной в сульфидах тонкодисперсной форме и лишь 17 % приходится на фракции: пылевидное, очень мелкое и мелкое. В то же время, в зоне окисления отмечается отчетливое его укрупнение, здесь 80 % золота относится уже к совокупности частиц: очень мелкое, мелкое и среднее.

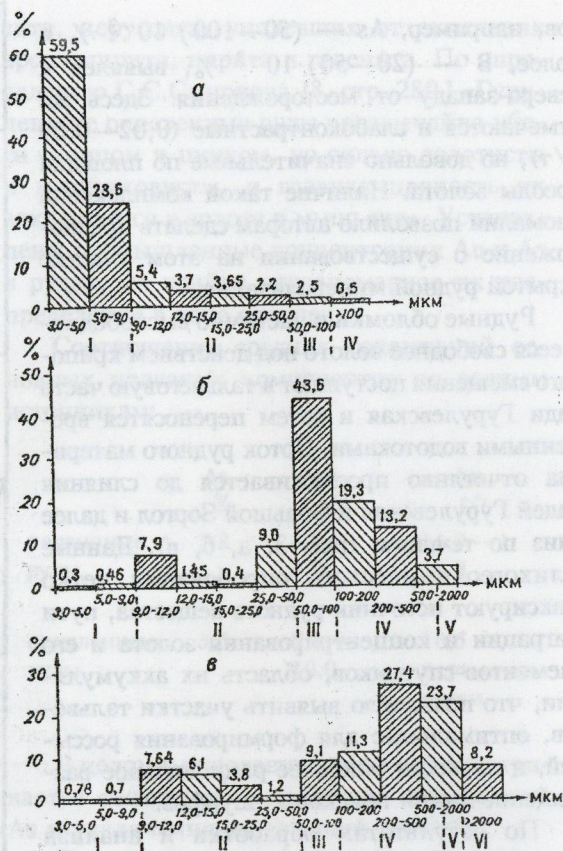


Рис. 4. Гистограммы гранулометрического состава золота: а — в первичных рудах Гурулевского месторождения; б — в его зоне окисления; в — в Гурулевско-Зоргольской россыпи.

Размер золотин, по [5]: I — тонкодисперсное, II — пылевидное, III — очень мелкое, IV — мелкое, V — среднее, VI — крупное.

Исследуя свободное золото и опираясь на литературные источники, в которых детально описаны причины и процессы его переноса и переотложения в корках выветривания и зонах окисления [4, 6, 7, 9 и др.], авторы приходят к выводу, что в зоне окисления Гурулевского месторождения отсутствует вторичный хемогенный металл. Практически все свободное золото относится к классу среднего, мелкого, очень мелкого и тонкодисперсного (см. рис. 4, б). Его укрупнение, характерное для процессов гипергенеза, здесь не проявлено. Не отмечены типичные для гипергенного металла натечные формы и пористые агрегаты, состоящие из игольчатых и кубических кристаллов. На поверхности золотин не фиксируются новообразования (корочки, налеты). Поэтому наблюдаемое обогащение свободным золо-

том зоны окисления месторождения на данном этапе можно объяснить либо его концентрацией за счет эрозионно-денудационного среза верхних частей рудных тел и проекции металла на более низкие уровни, либо его высвобождением из сульфидов.

Сложная морфология продуктивного пласта элювиальной россыпи, его неустойчивость, незначительное количество гравитационно извлекаемого металла не позволяют рассматривать ее как перспективный объект эксплуатации. Наиболее целесообразно проводить отработку зоны окисления Гурулевского месторождения по рудной схеме обогащения параллельно с первичными сульфидными рудами, возможно, с использованием кучного выщелачивания.

Делювиальная россыпь локализована на склоне между выходящими на поверхность рудными жилами и тальвегом верхний пади Гурулевская (см. рис. 1). Ее размеры в плане составляют 650×850 м. К сожалению, россыпь недостаточно опробована и изучена по вертикали. О ее перспективности свидетельствуют лишь геохимические аномалии Au, Ag и других элементов, установленные по данным литогеохимического опробования.

По результатам проведенного локального количественного прогнозирования, наиболее перспективна выявленная авторами Гурулевско-Зоргольская пролювиально-аллювиальная россыпь (см. рис. 1). В ее головке содержания свободного россыпеобразующего золота в поверхностных отложениях тальвега невелики. Из-за повышенной мощности почвенного горизонта, перекрывающего более продуктивные горизонты делювия и пролювия, они составляют около 9 мг/м^3 . В средней и нижней частях россыпи средние содержания Au достаточно высокие ($160\text{—}200 \text{ мг/м}^3$), что, вероятно, связано с пролювиальным характером отложений, для которых типично рассредоточенное распределение металла по разрезу и наличие висячих пластов. Повышенные содержания золота здесь могут также объясняться неглубоким залеганием плотика.

Установленные в процессе работ в приповерхностных частях пролювиально-аллювиальных отложений содержания свободного золота до $500\text{—}570 \text{ мг/м}^3$ позволяют

предполагать наличие в приплотиковых горизонтах обогащенного продуктивного пласта с содержаниями $1\text{—}2 \text{ г/м}^3$.

Основная масса золота имеет рудный облик, зерна слабо окатаны. Ведущие формы — комковидные, дендритовидные, палочковидные, брусочковидные, иногда крючковатые и пластинчатые. Характерны искаженные и слегка обмятые кристаллы кубической формы. Часто встречаются сростки золота с кварцем и реже с другими минералами. Поверхность зерен шероховатая, ямчато-бугристая. На плоскостях кристаллов отмечается полосчатость. В нижней части россыпи возрастает количество золотин уплощенной формы с обмятыми краями и следами давления на поверхности. Типоморфные характеристики золота россыпи (геохимические — микропримеси Fe и Ag и особенно морфологические) однозначно свидетельствуют о его тесной связи с зоной окисления Гурулевского месторождения (табл.). Это подтверждают и данные штихогохимического опробования (см. рис. 3).

Вместе с тем, в россыпи, от головки к хвосту, не наблюдается зональности по увеличению пробы золота и изменению концентраций микропримесей (Cu, Fe, Ag) в нем (см. табл.). Это объясняется пролювиальным типом осадконакопления, при котором за относительно короткие промежутки времени, особенно в периоды ливневых дождей, тяжелые минералы перемещаются на достаточно большие расстояния, отлагаясь часто дальше, чем минералы, консолидированные в рыхлых отложениях ранее. Типоморфная зональность золота, вероятно, все же существует в вертикальном разрезе россыпи, что может подтвердиться в процессе разведочных и эксплуатационных работ.

В россыпи присутствуют три типа золота (см. рис. 4, в): свободное самородное гравитационно извлекаемое (более 100 мкм); свободное очень мелкое и пылевидное, частично извлекаемое на специальных обогащательных установках ($10\text{—}100 \text{ мкм}$); тонкодисперсное, связанное в сульфидах ($0\text{—}10 \text{ мкм}$). Свободное гравитационно извлекаемое золото составляет 71 % всего металла и практически все относится к классу мелкого и среднего (см. табл.). Связанное в сульфидах тонкодисперсное золото содержится в россыпи в небольшом количе-

Соотношение коренной и россыпной золотоносности в пределах Покровско-Гурулевского рудного поля

Перспективные рудно-россыпные объекты		Средние содержания золота			
		I	II (1)		III
1. Первичные неокисленные руды Гурулевского месторождения		Единичные знаки	3,9—4,1 г/т (5)		4,6—5,0 г/т (2)
2. Зона окисления Гурулевского месторождения		539 мг/м ³ (3) 428 мг/м ³ (6)	821 мг/м ³ свободного и 10 мг/м ³ связанного (6); 4 г/т шлиха (4)		Среднее 7,5 г/т (2) 10 г/т [8]
3. Делювиальная россыпь верховий пади Гурулевская		Нет сведений	4,2 г/т шлиха (4)		0,2 г/т (5)
4. Гурулевско-Зоргольская пролювиально-аллювиальная россыпь	Головка россыпи	8,7 мг/м ³ (3)	3,9 г/т шлиха (4)	Нет сведений	
	Средняя часть пади Гурулевская	Нет сведений	Нет сведений	306 мг/м ³ (7) 0,1 г/т шлиха (5)	
	Нижняя часть пади Гурулевская	161,6 мг/м ³ (3) 500 мг/м ³ (6)	736 мг/м ³ (7) 198 мг/м ³ свободного и 10 мг/м ³ связанного (6)		
	Хвост россыпи в пади Б.Зоргол	Нет сведений	Нет сведений		

Перспективные рудно-россыпные объекты	Проба и содержания (%) микропримесей в свободном гравитационно извлекаемом золоте из приповерхностных отложений россыпи и из зоны окисления (8)				Ситовой состав свободного гравитационно извлекаемого золота продуктивного пласта зоны окисления и приповерхностных отложений россыпи (6)			Размер*, мм
	Проба	Fe	Cu	Ag	Ситовой состав, %			
	Нет сведений							
1. Первичные неокисленные руды Гурулевского месторождения	873 (801—920)	0,01 (0—0,07)	0,31 (0—1,12)	12,09 (6,14—19,94)	Проба 1 <0,15—15,0 0,15—0,50 — 76,4 0,50—2,00 — 8,6	Проба 2 <0,25—39,3 0,25—0,50 — 50,2 >0,50 — 10,5	0,28	
3. Делювиальная россыпь верхний пади Гурулевская	Нет сведений							
4. Гурулевско-Зорго-Павловская пролювиальная россыпь	Головка россыпи	788 (642—905)	0,03 (0—0,13)	Не обн.	21,22 (9,64—35,78)	<0,25—63,0 0,25—0,50 — 21,7 >0,50—15,3	0,19	
	Средняя часть пади Гурулевская	966 (957—977)	Не обн.	0,04 (0—0,13)	3,26 (2,32—4,22)			
	Нижняя часть пади Гурулевская	850 (740—898)	Не обн.	0,01 (0—0,06)	17,38 (10,17—26,1)	Проба 1 0,15—0,50 — 54,1; 0,50—2,00 — 33,8; >2,00—12,1	Проба 2 <0,25 — 34,7; 0,25—0,50 — 46,1; >0,50 — 19,2	
	Хвост россыпи в пади Б.Зоргол	688 (467—873)	0,004 (0—0,03)	Не обн.	31,22 (12,46—53,3)			

Примечание. I — с учетом в россыпи только свободного гравитационно извлекаемого золота (более 0,1 мм), II — с учетом в россыпи свободного гравитационно извлекаемого и тонкодисперсного связанного с сульфидными золотом, III — с учетом свободного очень мелкого и пылевидного (менее 0,1 мм), а также связанного с сульфидными тонкодисперсного золота, гранулометрическая классификация, по [5]; IV — суммарные; (2) — по материалам разведочных работ 30—40-х гг.; (3) — данные шихтовочного и валового опробования приповерхностных горизонтов россыпи и продуктивного пласта зоны окисления; (4) — данные сцинтилляционного анализа (аналитик С.И.Прокопчук, ИГХ СО РАН) шихтовых и валовых приповерхностных проб, из которых было извлечено свободное золото; (5) — данные сцинтилляционного и атомно-абсорбционного (аналитик С.П.Ринчинова, ИГХ СО РАН) анализов приповерхностных проб; (6) — данные контрольного валового опробования (1 м³) приповерхностных горизонтов россыпи и продуктивного пласта зоны окисления; (7) — расчетные прогнозные (Р1) средние содержания на пласт; (8) — данные рентгеноспектрального микрозондового анализа (аналитик Л.А.Павлова, ИГХ СО РАН); * — средний медианный размер золотин.

стве — не более 1,5 %. Очень мелкое свободное и пылевидное золото составляет 27—28 % от суммарного количества металла. Некоторая его часть из фракции 50—100 мкм может улавливаться при обогащении. Извлечение частиц менее 50 мкм, кроме как амальгамированием, проблематично. Истинное количество очень мелкого и пылевидного золота, вероятно, несколько выше значения, приводимого авторами, поскольку при промывке оно могло уйти в потери из-за «плаучести».

Для зоны окисления Гурулевского месторождения характерно комковидное, дендритовидное, палочковидное, редко крючковатое и пластинчатое золото, часты его сростки с кварцем, цвет золотисто-желтый, иногда с красноватыми и зеленовато-голубоватыми пленками побежалости. В головке россыпи и средней части пади Гурулевская формы золота аналогичны формам золотин из зоны окисления. В хвосте россыпи и пади р.Зоргол появляются уплощенные лепешковидные золотины с обмятыми краями, со следами давления и штриховки на поверхности.

Таким образом, в ходе проведенных геолого-геохимических поисков выявлено три россыпи, связанных с Гурулевским месторождением золото-мышьякового типа: элювиальная остаточная зона окисления, делювиальная склоновая верховьев пади Гурулевская и наиболее перспективная Гурулевско-Зоргольская пролювиально-аллювиальная.

Применение геохимических методов на поисковой и поисково-оценочной стадиях работ дало возможность определить векторы сноса и пути миграции минерализованного вещества от рудных тел к тальвегам долин, что позволило выявить оптимальные участки концентрирования золота и других полезных компонентов, установить гранулометрический тип и форму нахождения золота в рыхлых отложениях, оценить общую структуру его ресурсов, концентрацию металла, содержание в нем микропримесей и пробу.

Важным результатом исследований явилось установление соотношений коренной и россыпной золотоносности в пределах Покровско-Гурулевского рудного по-

ля, имеющее важное прогнозно-поисковое значение для объектов золото-мышьякового рудноформационного типа, находящихся в низкорельефных семиаридных ландшафтах: по запасам это соотношение составляет 2,4:1 при учете в россыпи только свободного гравитационно извлекаемого металла и 1,7:1 при учете в россыпи всех его гранулометрических типов и форм нахождения; по содержаниям соотношения рудного и россыпного золота соответственно составляют 25,5:1 и 18:1. В рудную часть включены запасы золота по жилам и в зоне окисления, при расчетах не учитывались ресурсы и содержания золота в делювиальной россыпи.

Результаты исследований показывают, что зоны окисления не только полиметаллических, но и золото-мышьяковых месторождений Приаргунья могут рассматриваться в качестве коренных источников золотоносных россыпей региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заворотных И.Р., Титов В.Н. Геология месторождений Покровско-Гурулевского рудного поля / Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. — М.: АН СССР, 1963. С. 238—264.
2. Красников В.И., Сейфуллин Р.С. О роли зоны окисления сульфидных месторождений в образовании золотоносных россыпей Приаргунья / Геология некоторых рудных месторождений Забайкалья. — Чита, 1968. С. 35—45.
3. Максимов М.М. Очерк о золоте. — М.: Недра, 1988.
4. Нестеров Н.В. Гипергенное обогащение золото-рудных месторождений Северо-Востока Азии. — Новосибирск: Наука, 1985.
5. Петровская Н.В. Самородное золото. — М.: Наука, 1973.
6. Петровская Н.В., Яблокова С.В. Золото в корях выветривания / Рудоносные коры выветривания. — М.: Наука, 1974. С. 173—182.
7. Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. — М.-Л.: ОНТИ, 1936.
8. Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. — М.: Изд-во АН СССР, 1961.
9. Тайсаев Т.Т., Прокопчук С.И. Особенности распределения крупности тонкого золота в криогенной зоне окисления золоторудных тел и их вторичных ореолах и потоках рассеяния // Докл. АН СССР. 1990. Т. 310. № 3. С. 699—703.
10. Тищенко Е.И. Закономерности развития золото-россыпных узлов и россыпей золота. — М.: Недра, 1985.

B. V. Tomilov, A. M. Spiridonov, L. D. Zorina, Prokopchuk S. I., F. V. Zakharov, A. I. Tokarev

PLACER OF THE GURULEVSKOYE Au-As DEPOSIT (SOUTHEASTERN TRANS-BAIKAL REGIONS)

Geochemical exploration in the Pokrovsko-Gurulevskoye ore field revealed significant placer gold concentrations in its unconsolidated Late Pleistocene—Holocene deposits, and a commercially productive proluvial-alluvial gold placer has been found there. Geochemical sampling, panning and special-purpose gold analysis data were used to estimate the relationship between primary and placer gold potential of an Au—As ore deposition feature localized in a low-mountain relief under forest-steppe semiarid landscape conditions. The structure of gold reserves, variations of gold concentrations and its size and typomorphic characteristics have been analyzed along the profile arranged as «orebody → zone of oxidation → deluvial placer → deluvial-proluvial placer».

УДК 553.064.32(521.54)

© С. В. Малинко, А. Е. Лисицын, 1997

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ БОРНЫЕ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛОНГО В БУРЯТИИ

С. В. МАЛИНКО, А. Е. ЛИСИЦЫН (ВИМС МПР России)

Борные руды месторождения Солонго в Бурятии локализованы преимущественно в магнезиальных кальцифирах, частично замещенных известковыми скарнами, и представлены тремя минеральными типами. В состав руд входят 22 борных минерала, среди которых преобладают кальциево-магнєвые бораты — курчатовит, клинокурчатовит, сахаит, федоровскит, а также менее распространенные кальциевые бораты, образующие здесь оригинальный тип борных руд.

В середине 60-х годов в центральной части Озернинского рудного узла геологами ВИМСа и Удино-Витимской экспедиции были выявлены борные руды в зоне контакта нижнекембрийских доломитов и доломитовых известняков с лейкократовыми гранитами пермского возраста. В соответствии с многообразием минеральных видов бора месторождение получило название Солонго, что в переводе с бурятского означает «радуга» (радуга боратов). Прежнее название месторождения — Магнетитовое.

Борное оруденение в скарнах представлено тремя типами: известковым с кальциевыми, боросиликатами и боратами; магнезиальным с магниевыми и железо-магниевыми боратами, и апомагнезиально-известковым, где руды имеют смешанный — кальциево-магниевый — состав. Первые два

типа борных руд известны давно и используются промышленностью. Для последнего типа характерны меньшие масштабы оруденения, он технологически менее изучен и пока не используется в качестве минерального сырья. Тем не менее, после открытия борных руд месторождения Солонго аналогичная или близкая по типу борная минерализация была установлена в бороносных скарнах и кальцифирах Верхояно-Индигирской рудной провинции, Северо-Восточного Прибалхашья (золото-кобальт-медное месторождение Саяк IV), Урала (Новофроловское железо-медное месторождение) Килипин с оловянным и вольфрамовым оруденением). Следовательно, борная минерализация описываемого типа имеет довольно широкое распространение, поэтому не исключена возможность выявления не только минерализации, но и оруденения,

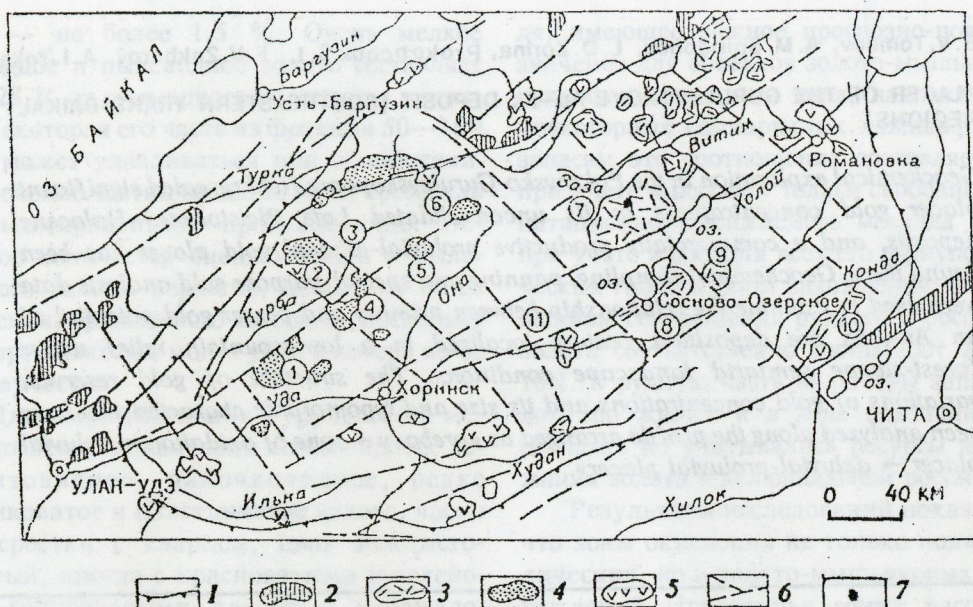


Рис. 1. Схема размещения рудных узлов в пределах Удино-Витимской структурно-формационной зоны ранних каледонид (по материалам М.А.Нефедьева, Б.К.Виноградова).

1 — границы Удино-Витимской зоны; останцы пород в полях развития верхнепалеозойских гранитоидов: 2 — протерозойских и нижнекембрийских осадочно-метаморфических, 3 — преимущественно вулканогенных, 4 — терригенных и существенно карбонатных; 5 — интрузии основных пород; 6 — разломы; 7 — месторождение Солонго. Цифры в кружках — номера рудных узлов: 1 — Ахтинский, 2 — Абагинский, 3 — Туркинский, 4 — Курбинский, 5 — Мылдылгенский, 6 — Верхне-Онинский, 7 — Озернинский, 8 — Сосново-Озерский, 9 — Харасанский, 10 — Кондинский, 11 — Эгитинский.

подобного месторождению Солонго, в других районах.

Кроме борного, месторождение содержит магнетитовое и сфалеритовое оруденение, молибденовую, вольфрамовую и оловянную минерализацию, но основную его ценность представляют борные руды.

Месторождение Солонго находится в 370 км к восток-северо-востоку от г.Улан-Удэ и в 50 км к северу от ближайшего районного центра Сосново-Озерска, на автогассе Улан-Удэ — Чита. Оно расположено в 3 км северо-восточнее известного свинцово-цинкового месторождения Озерное и входит в состав Озернинского рудного узла.

Месторождение Солонго находится в одном из наиболее приподнятых блоков Озернинского рудного узла, ограниченного субмеридиональными разломами, вдоль которых происходило внедрение гранитов (рис. 1). Территория рудного узла представляет собой крупный останец нижнекембрийских карбонатно-вулканогенных пород в поле развития

гранитоидов верхнепалеозойского возраста (рис. 2). Массив последних, удлинённый в плане и гребневидный в поперечном сечении, определяет структуру месторождения в виде эллипсоидального купола. Гранитный массив, частично обнажающийся в центральной части месторождения, к югу резко погружается и сужается, а к северу воздымается и расширяется. Граниты лейкократовые. Их абсолютный возраст 231—299 млн. лет (верхи карбона—пермь). На восточном крыле купола развиты карбонатные породы мощностью 250—270 м, которые имеют сложный тектонический контакт с подстилающими фельзитами и перекрываются толщей порфиритов. Западное крыло гранитного купола сложено эффузивами мощностью 250 м, метаморфизованными до фации зеленых сланцев. Контакт их с породами восточного крыла — тектонический, осложнённый дайками гранит-порфира и диабазовых порфиритов триасового возраста. Вдоль восточного контакта гранитного массива прояв-

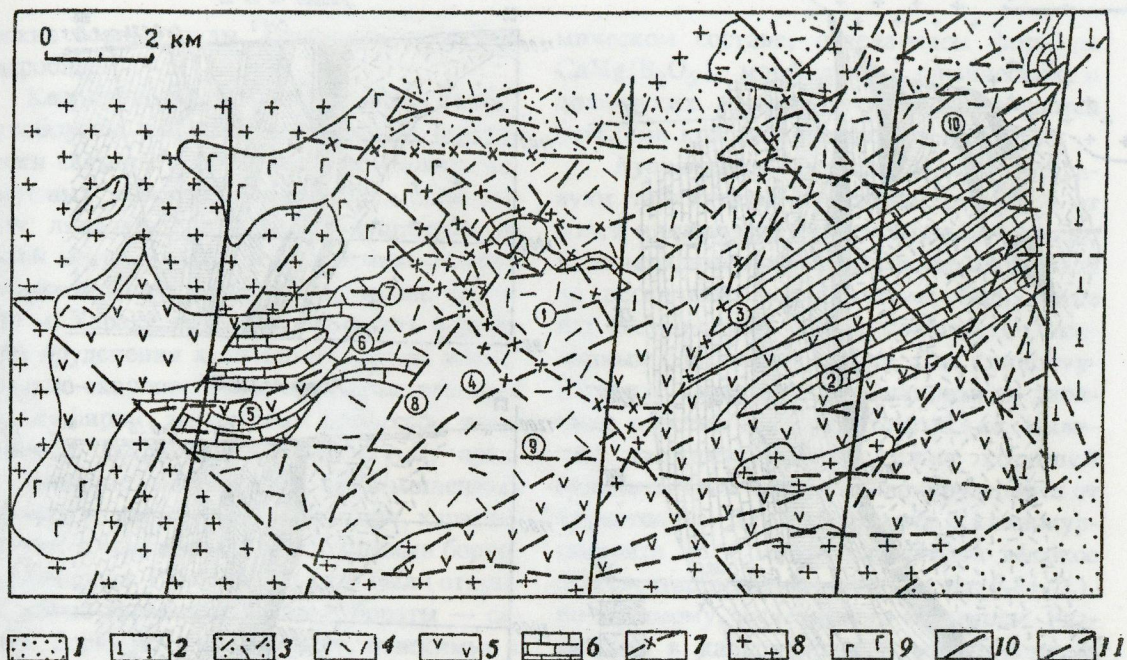


Рис. 2. Схема геологического строения Озернинского рудного узла (по материалам Р.С.Тарасовой).

1 — меловые осадочные отложения; 2 — триасовые вулканогенные породы; 3 — среднепалеозойские породы; вулканиты; 4 — кислого и 5 — среднего состава, 6 — карбонатные породы; верхнепалеозойские магматические породы; 7 — дайки граносиенитов, 8 — граниты, гранодиориты, граносиениты; 9 — нижнепалеозойские габбро-диориты; разрывные нарушения: 10 — разделяющие крупные блоки, 11 — основные рудоконтролирующие. Цифры в кружках — номера месторождений: полиметаллических: 1 — Озерное, 2 — Ульдзутуй, 3 — Звездное, 4 — Назаровское; железорудных: 5 — Аришинское, 6 — Гурвунур; железо-медно-баритовых: 7 — Гундуй, 8 — Туркул, 9 — Солнечное; борно-железорудных: 10 — Солонго.

лены ороговикование, калишпатизация, скарнирование, грейзенизация, магнезиальный метасоматоз, окварцевание, карбонатизация. На расстоянии до 50 м от контакта с гранитами развиты кордиеритовые, андалузитовые, реже пироксеновые роговики, в зоне 50—100 м — кварцево-полевошпатовые роговики. В зоне до 300 м от контакта с гранитами наблюдается магнезиальный метасоматоз в виде биотитизации и амфиболизации. Скарны представлены магнезиальными, известковыми и апомагнезиально-известковыми разновидностями, которые в той или иной степени содержат борное, магнетитовое и сфалеритовое оруденение. Молибденовая, вольфрамовая и оловянная минерализации локализуются в грейзенах. Более подробно контактно-метасоматические процессы месторождения Солонго охарактеризованы ранее [2].

Скарново-рудные тела, замещающие в основном доломитовые известняки, имеют

пласто-, плитообразную и линзовидную формы и образуют прерывистую цепь вдоль восточного экзоконтакта гранитного массива на расстоянии около 8 км (рис. 3). Размеры тел по простиранию составляют 0,5—1,7 км, мощность их изменяется от 15 до 30 м, на глубину они прослежены бурением до 500 м. В верхней части месторождения скарново-рудные тела обычно отделены от гранитов роговиками и ороговикованными эффузивами, а на нижних горизонтах иногда непосредственно контактируют с интрузивом. Для контактовой зоны типичен следующий разрез: гранит, роговик (или ороговикованный эффузив), магнетитовая руда с реликтами магнезиальных скарнов, борато-магнетитовая руда с реликтами магнезиальных скарнов и кальцифиров, боратовая руда с реликтами кальцифиров и апомагнезиально-известковых скарнов, кальцифир, известковый скарн или скарноид, мрамор.

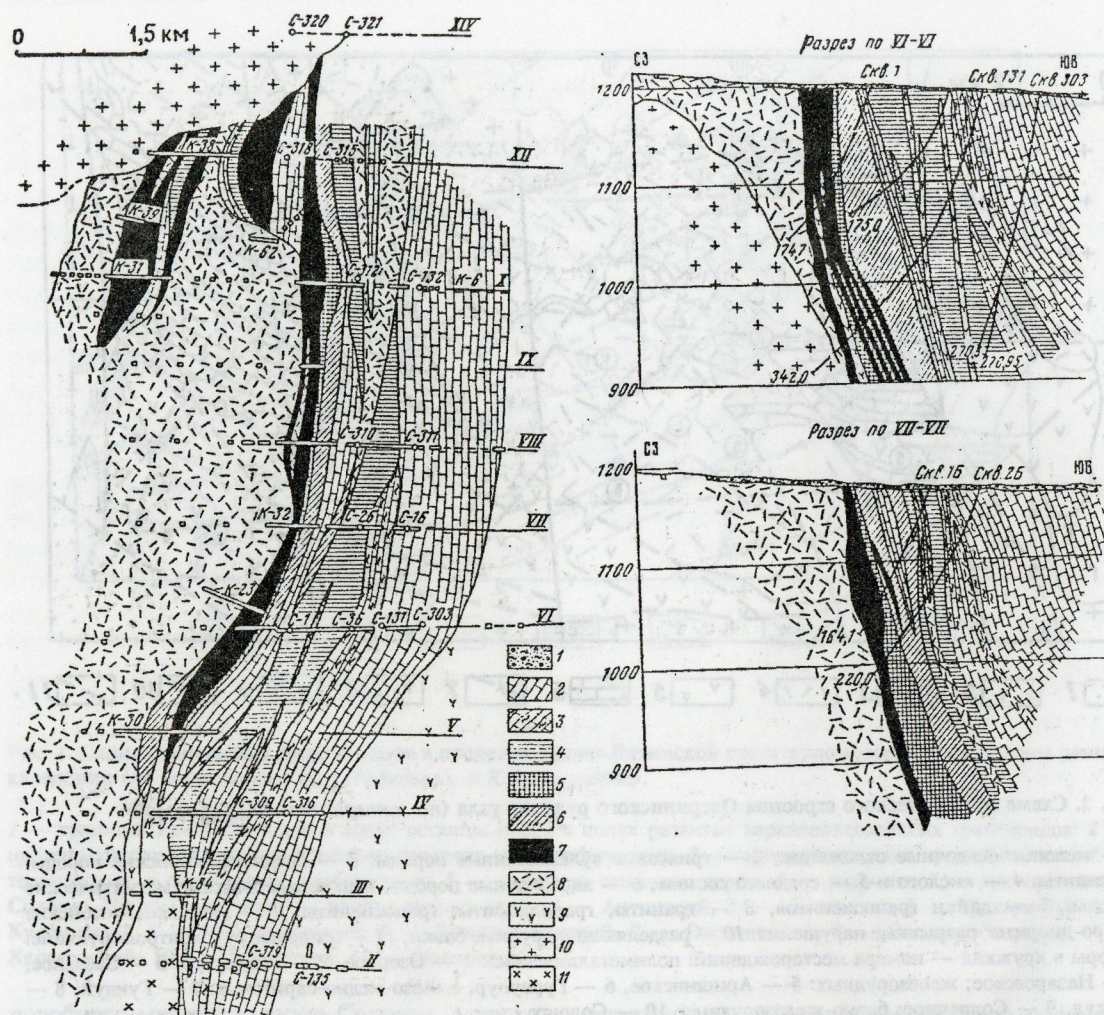


Рис. 3. Схематическая геологическая карта и разрезы южного участка месторождения Солонго.

1 — песчано-глинистые отложения, 2 — мраморы, 3 — мраморы скарнированные, 4 — скарны известковые, 5 — скарны известковые апомангезиальные с курчатовит-сахайтовыми рудами, 6 — кальцифиры с борной минерализацией, 7 — магнетитовые руды; эффузивы: 8 — кислого состава, 9 — среднего состава; 10 — граниты, 11 — граносиенит-порфиры.

Для всех скарновых минералов месторождения Солонго характерна существенная примесь марганца (до нескольких процентов). Это свидетельствует о повышенной активности марганца в минералообразующих растворах на различных стадиях скарнового процесса.

Борное оруденение месторождения Солонго представлено тремя минеральными типами: 1 — оруденение, сложенное кальциево-магниевыми (+марганец) боратами (курчатовит, клинокурчатовит, бораты серии роуита—федоровскита) и карбонатоборатами (сахайт, боркарит), а также кальциевыми боратами (фроловит, сибирскит,

уралборит, вимсит, пентагидроборит, гексагидроборит, солонгоит), локализующимися в кальцифирах, частично замещенных известковыми скарнами; 2 — оруденение, сложенное железом(+титан)-магниевыми (людовигит, варвикит) и магниевыми (суанит, ссайбелиит, котоит, флюоборит) боратами, распространенными преимущественно в кальцифирах, реже в мангезиальных скарнах; 3 — боросиликатовая минерализация (датолит, ботриолит), находящаяся в известковых скарнах и скарноидах. Поскольку из всех перечисленных типов наибольший научный и практический интерес имеет первый, собственно и представляющий экзоти-

ческие борные руды, остановимся на нем подробнее.

Кальциево-магниевые бораты, карбонаторбаты и кальциевые бораты генетически связаны с формированием апомагнезиальных известковых скарнов, образующих линзовидную залежь мощностью от долей метра до 10 м и прослеживающуюся по простиранию и падению не менее чем на 600 м. Характерна приуроченность боратowego оруденения к внешним частям магнезиально-скарновых зон, преимущественно к кальцифирам, затронутым процессом известкового скарнообразования. Руды, представляющие наибольший промышленный интерес на данном месторождении, характеризуются высокими концентрациями борного ангидрида. Ранее (в Якутии) были открыты новые карбонаторбаты и бораты — сахаит, боркарит и ольшанскит, относимые к тому же типу, на то время представлявшие лишь минералогический интерес [1, 6, 7]. Своеобразие состава боратовой минерализации данного типа заключается в том, что в единой ассоциации присутствуют кальциевые, магниевые, железо-магниевые, магнево-кальциевые и магнево-марганцево-кальциевые бораты. Среди них многие являются новыми минералами. Крайне неравномерное распределение различных боратов затрудняет четкое разделение минеральных типов руд. Тем не менее, по ведущим минералам удается выделить два основных типа руд: курчатовит-сахайтовый с содержанием борного ангидрида от 5 до 26 % и людвигит-сахайтовый с колебаниями содержаний борного ангидрида в пределах от 1,5 до 13 %.

Курчатовит-сахайтовые руды, наиболее богатые среди борных руд на месторождении, характеризуются весьма неравномерным распределением основных компонентов — курчатовита и сахаита. Среди них выделяются разновидности с преобладанием того или иного бората: сахаит-курчатовитовые или курчатовит-сахайтовые. Преимущественное развитие последних в общей массе руд определило наименование данного минерального типа. Следует подчеркнуть, что наряду с ромбическим курчатовитом руды содержат моноклинную полиморфную разновидность этого минерала — клинокурчатовит. Оба минерала при одинаковом хи-

мическом составе, отвечающем формуле $\text{CaMg}[\text{B}_2\text{O}_5]$, морфологии, физических и оптических характеристиках различаются деталями кристаллических построек [3].

Курчатовит и клинокурчатовит образуют таблитчатые кристаллы размером от долей миллиметра до 3 см в длину, а также ксеноморфные выделения размером от долей до нескольких миллиметров; бесцветные или светло-серые, полупрозрачные, со стеклянным блеском на гранях. Для клинокурчатовита характерно двойникование; двойники простые и полисинтетические. Наличие двойникования служит хорошей отличительной чертой клинокурчатовита от курчатовита. Для курчатовита и клинокурчатовита из Солонго характерно высокое содержание примеси марганца (до 6,81 %), по-видимому, изоморфного с магнием. Развиваясь в кальцифирах и магнезиальных скарнах, курчатовит и клинокурчатовит интенсивно замещают карбонат, содержат реликтовые зерна пироксена, обнаруживая теснейшую ассоциацию с минералами группы гумита. Обычно устанавливается замещение этими минералами хондродита и клиногумита. Вместе с тем, нередко случаи близкоодновременного и даже, возможно, несколько более позднего выделения минералов группы гумита. Курчатовит и клинокурчатовит корродируют зерна граната и нередко содержат многочисленные включения мелких изометричных выделений магнетита и свабита. С сахаитом курчатовит и клинокурчатовит обычно встречаются во взаимопрорастаниях, свидетельствующих об их близкоодновременном выделении. Нередко наблюдается несколько более раннее образование курчатовита и даже обрастание его кристаллов каймами сахаита. Значительно более редки обратные взаимоотношения, когда курчатовит (или клинокурчатовит) выполняет промежутки между идиоморфными зернами сахаита, корродирует его и даже образует прожилковые выделения в сахаите.

Сахаит обычно слагает мелкозернистые массы серого, буровато-серого и буровато-зеленого цвета, с жирным блеском, по внешнему виду напоминающие выделения мелкозернистого нефелина, кварца или везувиана. Он легко устанавливается в шлифах благодаря своей изотропности и, нередко,

идиоморфным очертаниям кристаллов кубической формы. Сахаит образует сростания с пироксеном, гранатом, свабитом, магнетитом, обнаруживая более позднее выделение; замещает минералы группы гумита, оставляя внутри собственных зерен многочисленные их реликты; интенсивно развивается по карбонатам. Нередко в сахаите наблюдается курчатовит или клинокурчатовит в виде мирмекитовых включений. Очевидно, основная масса курчатовита, клинокурчатовита и сахаита кристаллизовалась близкоодновременно, причем образование курчатовита начиналось ранее и кончалось несколько позднее, чем сахаита. В рудах кристаллы сахаита обычно интенсивно преобразованы под воздействием низкотемпературных гидротермальных процессов.

Минералы изоморфной серии *роуита-федоровскита* широко распространены в курчатовит-сахайтовых рудах, хотя и уступают в количественном отношении их главным минералам — курчатовиту и сахаиту. Преобладают магниевые разности минералов роуит-федоровскитовой серии, впервые открытые в месторождении Солонго [3]. Ранее была известна единственная находка кальциево-марганцевого бората роуита, установленного на месторождении Франклин, шт. Нью-Джерси, США. Минералы серии роуита-федоровскита в Солонго наблюдаются в рудах существенно сахаитового состава. Они образуют выделения неправильной формы с характерным коричневым или буровато-коричневым цветом, в шлифах бесцветны либо окрашены в желтый цвет с пятнистым распределением окраски. Иногда наблюдается ассоциация роуита с кальциевыми боросиликатами — датолитом и ботриолитом — в гранат-везувиановых скарнах вне контура курчатовит-сахайтовых руд в пределах развития известковых скарнов.

Боркарит установлен в керне скважины в интервале около 20 см, где образует скопления в локальной зоне курчатовитовых руд. Макроскопически боркарит выделяется благодаря темно-коричневому цвету кристаллов с шелковистым блеском, размером до 3—4 мм, распадающихся при ударе на мелкие осколки с характерной уплощенной формой и заостренными концами. Под микроскопом во многих зернах боркарита наблюдается тончайшая вкрапленность яacob-

сита, тонкозернистого кальцита и мелкоигльчатого ссайбелиита. Федоровскит, встречающийся в ассоциации с боркаритом, судя по характеру выделений, образовался близкоодновременно с ним или несколько позже.

Людвигит встречается в выделениях курчатовита и сахаита в виде скоплений призматических кристаллов, более ранних по отношению к включающим минералам; железистость людвигита около 30 %.

Флюоборит отмечается в виде единичных зерен. Иногда образует пленочные выделения в сахаите и отдельные призматические кристаллы в сростании с курчатовитом.

Суанит встречен в единственном образце, где образует мелкие идиоморфные кристаллы в курчатовите, отделенные от последнего реакционной каймой кальцита.

Сингалиит изредка в виде зернистых кайм замещает кристаллы шпинели.

Котоит спорадически присутствует в сахаитовых рудах, причем всегда является явно более ранним по отношению к карбонату борату.

Другие бораты, установленные в курчатовит-сахайтовых рудах, являются более поздними по отношению ко всем описанным выше, и образование их, по-видимому, в основном связано с замещением первичных боратов. По химической природе они либо магниевые, либо кальциевые и содержат воду в гидроксильной или молекулярной форме.

Ссайбелиит интенсивно развивается по курчатовиту, сахаиту, магниевым разностям роуита, образуя тонкую сеть ветвящихся прожилков, гнезда, в отдельных участках полностью замещая их зерна, слагает волокнистые и мелкочешуйчатые агрегаты нередко совместно с кальцитом, сибирскитом, бруситом, а также формируя мономинеральные радиально-лучистые и сноповидные выделения. Реже встречаются ранние зерна ссайбелиита в виде укороченных призм, обычно приуроченные к выделениям сахаита и, вероятно, сингенетичные с ним.

Кальциевые бораты образовались, в основном, позднее ссайбелиита и подчинены ему по масштабам развития, но отличаются большим разнообразием минеральных форм. Наиболее ранним из них является *сибирскит*, развивающийся, главным обра-

зом, по сахайту и образующий многочисленные тонкие прожилки и гнезда обычно в ассоциации с кальцитом и ссайбелиитом, местами замещающими сахайт почти полностью.

Наиболее распространен среди кальциевых боратов *фроловит*, образующий многочисленные мономинеральные прожилки мощностью до 6 мм, пересекающие выделения курчатовита, сахайта, кальцита, магнетита, сибирскита и ссайбелиита. Характеризуется белым цветом, тонковолокнистым, реже мелкозернистым сложением агрегатов, повсеместно ориентированных перпендикулярно к стенкам прожилков.

Вимсит образует мономинеральные радиально-лучистые агрегаты прозрачных бесцветных кристаллов, приуроченные к трещинкам и мелким пустоткам в породе; ассоциирует с фроловитом.

Уралборит встречается в виде изометричных и сферолитовых выделений в фроловитовых прожилках, сложенных агрегатами мельчайших бесцветных листоватых зерен, обнаруживаемых лишь под микроскопом.

Пентагидроборит встречается в виде мельчайших прозрачных бесцветных кристалликов, слагает редкие мономинеральные прожилки мощностью до 1,5 мм. *Гексагидроборит* образует мелкие гнезда в пентагидроборитовых прожилках. Оба бората являются наиболее поздними по отношению ко всем описанным выше минералам.

Канит — кальциевый арсенато-борат, встречается в образцах курчатовит-сахайтовых руд, претерпевших наиболее интенсивные постериорные изменения, где образует тонкие (0,1—0,3 мм) мономинеральные или диминеральные пентагидроборит-канитовые прожилки, пересекающие зерна свабита, граната, магнетита, сфалерита, кальцита, а также инкрустирует мелкие пустоты в боратовых рудах. В случае присутствия в породах свабита, канит нередко его интенсивно замещает, развиваясь преимущественно в периферической части свабитовых кристаллов.

Солонгоит — кальциевый хлорид-борат, слагает мелкие линзовидные гнезда, измеряемые первыми миллиметрами в поперечнике и 1—1,5 см в длину.

Породообразующие минералы в курча-

товит-сахайтовых рудах в количественном отношении обычно подчинены боратам. Наиболее распространен среди них кальцит, как реликтовый в участках незамещенных кальцифиров, так и новообразованный. Скарновые минералы — форстерит, минералы группы гумита, флогопит, шпинель, гранат, везувиан, пироксен, волластонит — распространены крайне неравномерно. Эти минералы среди боратов встречаются обычно в виде незначительных выделений, реже образуя более крупные скопления. Но и последние в количественном отношении подчинены боратам. Кроме названных выше породообразующих минералов, в курчатовит-сахайтовых рудах распространен свабит, развитый в них неравномерно, местами образующий значительные скопления, вплоть до почти мономинеральных линзовидных выделений размером до 20 см. Свабитовые агрегаты — мелкозернистые, белые с характерным светло-сиреневым оттенком.

Вторичные минералы — серпентин, брусит, хлорит присутствуют в продуктах замещения магниевых и магниевых-кальциевых боратов, а также магнезиальных скарновых силикатов и развиты в наиболее измененных участках руд. Пренит в ограниченных количествах присутствует в продуктах замещения пироксена и везувиана. Ангидрит и флюорит встречаются sporadически.

Среди рудных минералов преобладают магнетит, образующий тонкую вкрапленность изометричных зерен (0,0п—0,п мм), и сфалерит в виде скоплений крупных зерен (п мм). В участках обогащения боратовых руд сфалеритом изредка встречаются мелкие зерна касситерита. Другие рудные минералы — гематит, алабандин в ассоциации с магнетитом, пирит, вюртцит и галенит — образуют редкие вкрапления.

Химический и минеральный составы рядовой курчатовит-сахайтовой руды приводятся по данным изучения технологической пробы весом 40 кг (табл. 1, 2). Среди руд выделяются участки богатого оруденения, характеризующиеся высокими содержаниями борного ангидрида (15—20 %), преобладающим развитием курчатовита и сахайта относительно других минералов, резкими колебаниями в соотношениях ведущих минералов бора; такие руды не нуждаются в обогащении. Бедные курчатовит-сахайто-

1. Химический состав технологической пробы курчатовит-сахайтовой руды месторождения Солонго

Компоненты	%
SiO ₂	5,08
Al ₂ O ₃	1,00
Fe ₂ O ₃	5,42
FeO	1,44
TiO ₂	0,028
CaO	37,87
MgO	9,81
MnO	2,43
ZnO	2,04
CuO	не обн.
As ₂ O ₅	2,05
B ₂ O ₃	15,46
Soбщ	1,24
F	1,40
H ₂ O	2,37
CO ₂	11,50
Na ₂ O	0,04
K ₂ O	0,15
Cl	1,52
P ₂ O ₅	0,03
	100,88
O ≡ F, Cl	- 0,92
Сумма	99,96

2. Минеральный состав технологической пробы курчатовит-сахайтовой руды месторождения Солонго

Минералы	%
Сахаит	29,0
Курчатовит	9,5
Ссайбелиит	7,8
Фроловит	1,5
Сибирскит	6,2
Людвигит	0,7
Флюорит	5,6
Свабит	3,0
Кальцит	18,2
Пироксен	5,5
Минералы группы гумита	0,8
Пренит	3,2
Брусит	1,7
Магнетит	3,5
Сфалерит	3,2
Пирит + халькопирит	0,6
Сумма	100,0

вые руды, содержание борного ангидрида в которых составляет около 5 %, эффективно обогащаются нейтронно-абсорбционным методом в крупнокусковой (-200 + 25 мм) фракции руды. Коэффициент обогащения колеблется от 1,5 до 2,8 при извлечении бора в концентрат 82,5—95,3 %. Содержание B₂O₃ в отвальных хвостах варьирует от 0,6 до 2,2 при выходе их от 38 до 70 %. Пробы богатой руды и концентраты нейтронно-активационной сепарации подвергались химической переработке методом сернокислотного разложения с последующим извлечением борной кислоты перегретым водяным паром при температуре 205°C в аппаратах «кипящего слоя». Степень разложения продуктов составила 93,1—96,1 %, а извлечение борной кислоты из продуктов разложения — 93,5—98,2 %.

Таким образом, курчатовит-сахайтовые руды по составу и свойствам могут рассматриваться как новый перспективный источник борного минерального сырья. В настоящее время в значительных количествах они установлены лишь в месторождении Солон-

го, Бурятия. Тем не менее, находки подобных минералов в аналогичных геологических условиях известны и в других районах. Это свидетельствует о вероятности более широкого распространения описываемой минерализации в природе.

Залежи курчатовит-сахайтовых руд пространственно ассоциируют с магнетитовыми, людвигит-магнетитовыми и сфалеритовыми рудами. Характерно зональное распределение оруденения, причем курчатовит-сахайтовые руды занимают внешние зоны метасоматической колонки, локализуясь преимущественно в кальцифирах, непосредственно примыкая к залежам людвигит-магнетитовых руд.

Присутствие марганца является специфической особенностью скарновых минералов, а также магниевых, железо-магниевых и магнево-кальциевых боратов месторождения Солонго, которому свойствен повышенный геохимический фон данного элемента. Вхождение изоморфной примеси марганца в наиболее высокотемпературные бораты, по-видимому, связано с его актив-

ным участием в процессе минералообразования. Более поздние бораты кальциевого катионного состава не содержат марганца, вероятно, из-за невозможности изоморфных замещений при кристаллизации минералов в условиях более низких температур.

Установление и изучение боратовых руд нетрадиционного минерального типа, преимущественно сложенных новыми минералами бора, расширяет существующие представления о минеральных формах бора в природе и условиях их образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов М.А., Никитина И.Б., Перцев Н.Н. Ольшанскит — новый борат кальция // Докл. АН СССР. 1969. Т. 184. № 6. С. 1398—1401.
2. Лисицын А.Е., Виноградов Б.К., Малинко С.В. Скарны месторождения Солонго в Бурятии и их рудоносность // Советская геология. 1974. № 3. С. 116—123.
3. Малинко С.В., Халтурина И.И., Озол А.А., Бочаров В.М. Минералы бора (справочник). — М.: Недра, 1991.
4. Маракушев А.А. Термодинамические факторы образования рудной зональности / Прогнозирование скрытого оруденения. — М.: Наука, 1976. С. 36—51.
5. Маракушев А.А. Современные аспекты учения о метасоматозе и рудообразовании // Отечественная геология. 1993. № 6. С. 24—38.
6. Островская И.В., Перцев Н.Н., Никитина И.Б. Сахаит — новый карбонато-борат кальция и магния // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1966. Ч. 95. Вып. 2. С. 193—202.
7. Перцев Н.Н., Островская И.В., Никитина И.В. Новый минерал — боркарит // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1965. Ч. 94. Вып. 2. С. 178—186.

S. V. MALINKO, A. Ye. LISITSYN

EXOTIC BORON ORES OF THE SOLONGO DEPOSIT, BURYATIA

Boron ores of the Solongo deposit (Buryatia) are predominantly hosted by magnesian calciphyres (partially replaced by limy skarns) and represented by three mineral types. Ores incorporate 22 boron minerals, the majority of which are Ca-Mg-rich borates (kurchatovite, clinokurchatovite, sakhaite, fedorovskite); minor proportion is accounted for by less-common calcic borates which form here a peculiar type of boron ores.

ПРОГНОЗ НОВЫХ ТИПОВ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗОЛОТА

В. А. НАРСЕЕВ (ЦНИГРИ МПР России)

Прогноз новых типов золотой минерализации основан на реальном многообразии геологических процессов и обстановок в земной коре, с одной стороны, и на фундаментальном свойстве золота образовывать богатейший спектр метастабильных соединений — с другой. Возникновение и перенос золота в природных системах осуществляется в формах, адекватных доминантным «состояниям — составам» среды [1]. Основные формы нахождения золота в природе разнообразны [2, 4].

Атомарный газ характерен для Космоса. Интерметаллиды железа, никеля, сурьмы, меди, серебра, ртути, цинка постоянно присутствуют в метеоритах определенных классов, а также широко распространены в магматических и метаморфических породах Земли. Изучение этой формы соединений химических элементов только начато.

Свободное золото весьма часто встречается в месторождениях любого генезиса. Оно представлено компактным металлом в частицах макро- и микроскопических размеров. Последние возникают, как правило, в результате распада и старения (перекристаллизации) метастабильных форм — сульфидов, гидросульфидов, гидроксидов, галогенидов, соединений типа металлоорганических комплексов, — а также при сорбции, соосаждении в конденсированных средах (гидрогели кремнезема, гидроксиды металлов, глинисто-коллоидные образования), адгезии микрочастиц на микроорганизмах, в продуктах метаболизма и распада высших органических соединений и др.

Металлоорганические формы золота широко распространены в биомассе растительного и животного происхождения (особенно в соединениях класса белков — в форме фосфинов).

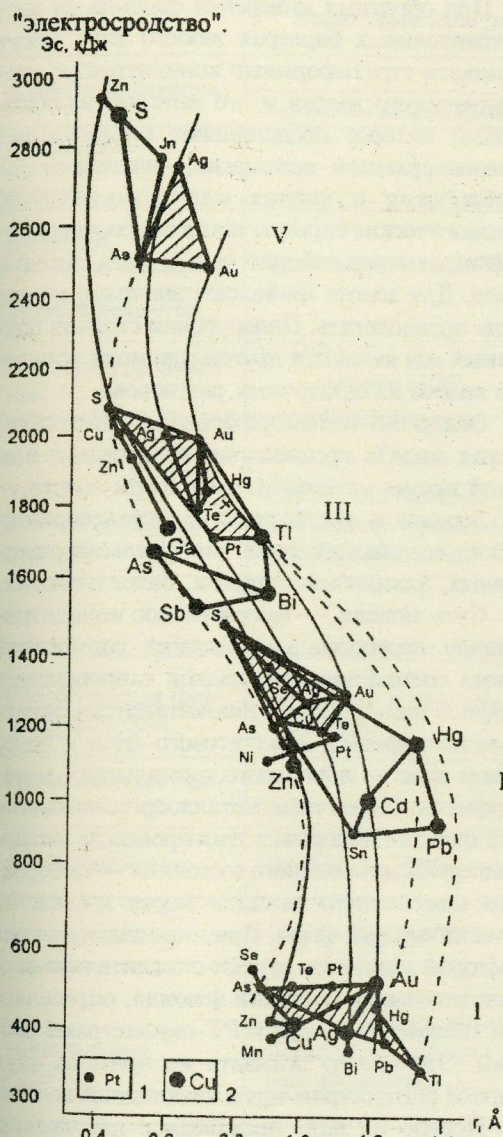
Галогенные комплексы, особенно с хлором, образуют гигантские массы в водах Мирового

океана, с которыми в солеродных бассейнах связаны высокие концентрации золота необычного характера.

При самом общем рассмотрении парагенезисов разновалентного золота с элементами Периодической системы Д.И. Менделеева выявляются интересные возможности прогноза новых видов минерализации (рисунок). Анализ поведения золота в геохимических абстрактных системах на основе общих свойств атомов и ионов проведен с использованием данных А.А. Маракушева [3] об экстремальных состояниях элементов Периодической системы. На рисунке показаны позиции золота в I, II, III и V-валентных состояниях в кооперации с другими элементами. Сила кооперации оценивалась через «электросродство».

На первом уровне (Au-I) мы видим привычные ассоциации ближнего порядка: Au—Hg, Au—Pt, Au—Ag, Au—Cu. Можно отметить, что нам пока не известны магматические (ликвационные или сегрегационные) золото-медные, золото-серебряные и золото-ртутные месторождения, поиски которых в областях развития коматиитов, ультрамафитовых и мафитовых дифференцированных комплексов представляются целесообразными. Что касается дальнего порядка, то пока мы знаем лишь месторождения в высокоуглеродистых осадочных породах, где золото ассоциирует с платиной и через нее — с теллуром, селеном, мышьяком.

Минерализация золото-ртуть-свинец-таллиевая пока не установлена и, скорее всего, ее следует искать в кислых дифференциатах зеленокаменных поясов докембрия. Совершенно необъяснима ассоциация золото-серебро-висмутовая, а также золото-медь-марганец-цинковая. Последняя возможна в металлоорганических комплексах с оруденением типа Франклин-Фернесс.



Сила кооперации и электросродство в ассоциациях золота разной валентности с другими химическими элементами.

Золото-II дает две известные рудные серии в ассоциации с серой (в пиритовых минеральных комплексах) и с теллуридами (в теллуридных минеральных комплексах). При этом оно тесно связано с серебром, что подтверждено существованием рядов Au—Ag месторождений от серебряных с золотом (ведущий анион — сера) до чисто золотых (ведущий анион — теллур).

Понятно участие селена в золото-серебряных с теллуридами и медью месторождениях. При этом селениды связаны в ближнем порядке с

серебряной минерализацией, а золото — только опосредованно. Интересна связь золото—теллур—платина—никель. Она свидетельствует о возможном наличии в золото-теллуридных месторождениях платиновой минерализации в ассоциации с сульфидом никеля.

Очень отдаленны связи золота с группой Hg, Pb, Cd через олово, медь и серу, однако такой парагенезис можно пытаться искать в низкотемпературной сульфидно-олово-медной минерализации. Позиция Au-II показывает, что оно не является стандартным компонентом сульфидных полиметаллических месторождений. Золото проявляется в них только на серебро-теллуридно-платиновой стадии.

Золото-III образует изолированное (в ближнем порядке) поле связей с таллием, ртутью, теллуридами, серебром и серой. Этот явно низкотемпературный парагенезис гетчелл-карлинского типа таит еще много новых возможностей обнаружения необычных типов оруденения. В дальнем порядке картина усложняется присоединением к золоту через таллий висмута, сурьмы и мышьяка, а через серу — меди, цинка, германия. Скорее всего, это парагенезисы «черных» сланцев и песчаников, но не золото-мышьякового, а золото-медного профиля. Указание на наличие минерализации такого типа имеется в описаниях замбийских месторождений.

Золото-V, образуя в ближнем порядке прочные связи с серебром и мышьяком, в дальнем — через последний ассоциирует с серой в высшей степени окисления. Сегодня золоторудные месторождения с такими минеральными парагенезисами не известны. Остается предположить совершенно необычный парагенезис самородных золота, серебра и мышьяка в ассоциации с нефелиновыми сиенитами и другими щелочными породами, где сера в виде сульфат-иона входит в состав силикатов, а связанный с ней цинк образует цинковую шпинель и/или гетчелл (гентгельвин). Возможны весьма необычные формы нахождения золота и серебра. Золото может давать интерметаллиды с фосфором и редкими землями, серебро — хлориды.

С учетом физико-химических особенностей золота [5] и изложенных выше соображений целесообразно рассмотреть возможность образования его концентраций в рамках

трех моделей рудообразования: эндогенной мантийной инверсионной, ортомагматической коровой эволюционной и осадочно-метаморфической синергетической. Общая их характеристика приведена в таблице.

Эндогенная мантийная инверсионная модель представляет минералообразование, связанное с истинно эндогенными глубинными потоками высоко восстановительных флюидов — водородного, метан-углеводородного, азотно-гелиевого. Они зафиксированы даже на уровне поверхности Земли. Водород-углеводородная и азотно-гелиевая разновидности флюида представляются наиболее устойчивыми. Углерод и металлы (в том числе золото, ртуть, платиноиды, редкие земли, сурьма) в этих сухих восстановительных условиях переносятся в атомарной и галогенидной (фторидной) формах. На фоне инверсии флюида происходит образование концентрированной минерализации в случае малого вертикального интервала инверсии (инверсионный экран), в то время как при инверсии в динамическом потоке образуются широкие струи (языки) рассеянной минерализации. Объекты, образованные по этой модели — большой резерв для поисков новых месторождений. Это область широкого развития самородных металлов (Au, МПП, Hg, Ni, Fe, Al, Ti и др.) и интерметаллидов золота с МПП, Sb, Hg, РЗЭ, Cu, Ni, Fe. Зоны глубинных разломов с углеродистым, графитовым наполнением, золотом, МПП и различными интерметаллидами — наиболее простой случай минерализации.

Щелочные ультраосновные комплексы в «горячих точках» — другой более сложный пример возможного развития золотой минерализации (с платиной и редкими землями) в ореоле фенитизированных пород щелочных массивов.

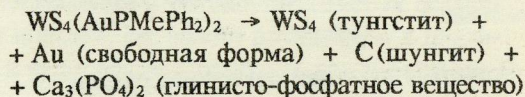
Ортомагматическая коровая эволюционная модель. При эволюции магматогенных гидротермальных систем золото в форме хлоридов и гидросульфидов ассоциирует со «стандартным» набором элементов — медь, свинец, цинк, серебро, теллур, мышьяк, сурьма, ртуть. Они дают последовательные ряды минеральных ассоциаций, отвечающих известному ряду В.Эммонса. В этом ряду трудно найти место новому типу золотой минерализации. Ее возникновение возможно лишь в области взаимодействия эволюционирующего флюида рудно-магматической системы со средой.

При обратных инверсиях флюида на восстановительных барьерах любого типа могут возникать стратиформные концентрации тонкодисперсного золота и его интерметаллидов. Особый интерес представляют региональные палеоповерхности несогласия, начиная от докембрийских и кончая мел-палеогеновыми. Литологические барьеры таких палеоповерхностей играют важнейшую роль в металлогении урана. Для золота их важное значение можно лишь предполагать. Палеоуровни стояния подземных вод являются другой границей осаждения золота из остаточных растворов.

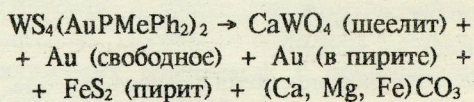
Осадочно-метаморфогенная синергетическая модель предполагает образование широкой гаммы метастабильных форм золота — от хлоридов и гидроксидов до металлоорганических соединений типа карбонильных, цианидных, алкильных и других, более сложных.

Суть модели — многократное концентрирование первоначально высоких содержаний золота специфических осадков сапропелевого профиля при процессах диа-катагенеза, раннего метаморфизма, контактового (или в более общем виде — локального термального) метаморфизма. Первичные металлоорганические и сорбированные формы в этих процессах эволюционируют до конечного состояния — самородного компактного металла через множество метастабильных форм. При этом главную роль в истории эволюции играют окислительно-восстановительные инверсии флюида, определяемые состоянием среды и РТ-параметрами системы. Это можно показать на примере двух широко распространенных соединений золота.

Первое из них, производное дисульфида вольфрама с третичными фосфинами — $WS_4(AuPMePh)_2$ в восстановительных условиях при распаде даст



Подобного рода ассоциация характерна для «черносланцевых» частей разреза некоторых золото-сульфидных месторождений Алтая, Кызылкумов с резко восстановительным состоянием системы.



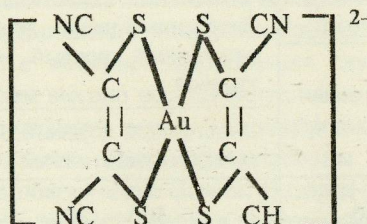
Эта ассоциация не менее типична для

Характеристика моделей рудообразования

Свойства, параметры	Модель		
	Мантийная инверсионная	Коровая эволюционная	Чехольная синергетическая
Источник:			
энергии		Эндо-экзогенный	Экзогенный чехла, эндо-экзогенный коровый, мантийный
растворов	Эндогенный мантийный	Коровый, мантийный	Эндогенный коровый, эндогенный мантийный
рудного вещества			
Температура флюидов, °C	1400—1200	900—500	500—120
Геотектоническая позиция	Глубинные разломы мантийного уровня заложения, «горячие точки»	Складчатые системы с разломами корового уровня заложения, комплексы малых интрузий, вулканогенно-интрузивные системы	Осадочные бассейны в рифтовых системах и приразломных точках с «черносланцевым» типом разреза
Геологическая форма проявления	Линейные и точечные структуры	Ореольные рудно-магматические системы	Ареальные системы
Индикаторные проявления:			
атмохимические	H ₂ , He, Ar, CH ₄ и др.	CO, CN, CH ₄ , N ₂ , CO ₂ , Cl	H ₂ O, CO ₂ , H ₂ S, CH ₄
геохимические	C, Hg, Sb, Te	Ag, CuPb(As, Sb), Bi	Ni, Zn, Mo, P, W, As, Hg, Sb
минеральные	Графит, алмаз, интерметаллиды, самородные элементы	Кварц, полевые шпаты, теллуриды, SS, сульфиды, серициты, мусковиты, хлориты	Опалы-халцедоны, карбонаты, РОВ, шунгиты, фосфаты, шеелит, гидросиликаты, цеолиты, пирит, пирротин, марказит
Характерные компоненты мантийных флюидо-потоков	H; H ₂ , He; H, CH ₄ ; H, F, Cl; H, N	He, CH ₄ , N	He, N
Формы переноса (метастабильные состояния) золота	Au, AuH, AuD, AuMe(Me-Sb, Zn, Al, Sn, P, MПГ), AuF ₃ , AuCs, AuF ₃ •Br ₃ , [Xe ₂ F ₁₁][AuF ₆], AuF ₃ •SeF ₄	AuCl ₂ , R[AuMe ₂] ⁻ , где R = Li, Rb, Cs, Au(CN), Au(HS)	Au(CN), Au(HS), AuS, металлоорганические соединения (арсины, стибины, фосфины и др.)
Конечные формы минерализации золота	Au, интерметаллиды	Au, интерметаллиды	Au, интерметаллиды, металлоорганические соединения
Сопутствующие минералы в зонах минерализации	Графит, самородные элементы	Кварц, полевые шпаты, сульфиды железа, мышьяка, полиметаллов	РОВ, шунгит-графит, фосфаты, сульфаты, сульфиды железа, никеля, цинка, опал-халцедоны, карбонаты, гидросиликаты

месторождений золота в терригенных толщах, но для окислительного состояния системы.

Другой пример — комплекс золота с малеонитрилдитиолатом $[\text{Au}(\text{mnt}_2)]$



В резко восстановительных условиях при распаде комплекса возникает карбин (шунгит) и золото в сульфидной фазе. В окислительных же условиях образуется компактное свободное золото, карбонаты и сульфиды (за счет мозаичного инвертирования состояния системы), либо под влиянием серно-кислотного разложения вмещающих пород — гидроксидно-железисто-глинистая ассоциация.

В известном сегодня типе комплексных месторождений золота, МПГ, молибдена и урана установлена широкая гамма других металлов. Объяснить это можно следующим образом. Металлы группы VB Периодической системы — ванадий, ниобий, тантал; группы VIB — хром, молибден, вольфрам; группы VIIB — марганец, рений; группы VIII — железо, кобальт и все МПГ — рутений, осмий, родий, иридий, платина образуют многообразные совместные металлоорганические соединения типа карбонильных, алкильных, в т.ч. фосфины, арсины, стибины. Начальная ассоциация этих металлов в осадках при диа-эпигенезе прослеживается в отдельных фациях пород и перераспределенных (перемещенных) образованиях. При этом важно подчеркнуть роль диалкилауратов щелочей (в первую очередь, лития) и хлорауратов цезия в процессе перераспределения. Говоря о роли щелочей, нельзя не отметить и особой роли хлора в истории золота. Мировой океан является континуумом, где космическая ветвь золота переходит в биологическую. При этом роль

трансдуктора реализуется через хлоридную форму в водах Мирового океана. Учитывая гигантское количество золота в Мировом океане, можно отметить важность изучения соляных и эвапоритовых отложений. В них даже за счет концентрационных флуктуаций Мирового океана могут накапливаться весьма значительные массы металла.

Таким образом, из особенностей химии золота четко следуют две главные линии его поведения.

Первая связана с главным состоянием элемента — атомарным газом Вселенной. Возмущение этого состояния при взаимодействии золота с родственными элементами с образованием интерметаллидов и высокоэнергетических гидридов, фторидов, стибидов, меркуридов происходит в специфических условиях верхней мантии Земли. Геологические структуры, дренирующие эти уровни, являются выводящими путями рудоносного флюида, из которого золото отлагается на инверсионных окислительных барьерах.

Вторая линия связана с биофильностью золота и его выдающейся способностью накапливаться в продуктах эволюции биосферы. При последующих трансформациях последних возникает обширная гамма необычных концентраций золота.

Взаимодействие двух этих линий оказывается возможным благодаря наличию буферной системы Земли — Мирового океана, где происходит гомогенизация многообразия, т.е. достигается высшая симметрия эволюции — хаос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадалов С.Т. Геохимические особенности рудообразующих систем. — Ташкент: Фан, 1991.
2. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988.
3. Маракушев А.А. Экстремальные состояния элементов. — М.: Наука, 1983.
4. Нарсеев В.А., Яновский В.М. Геохимия золота: от Вернадского до наших дней // Сов. геология. № 5. 1988. С. 13—17.
5. Паддефет Р.Дж. Химия золота. — М.: Мир, 1982.

V. A. Narseev

PREDICTION OF NEW TYPES OF GOLD CONCENTRATION

УДК 553.411:553.5

© С. Б. Ящинин, 1997

ПОПУТНОЕ ЗОЛОТО В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ (ПГС)

С. Б. ЯЩИНИН (Северо-Кавказский РГЦ)

На месторождениях песчано-гравийных смесей средней полосы России в тонких фракциях установлено золото в количестве до 50—100 мг на м³ отсевов. Наиболее вероятным источником металла считались моренные отложения раннечетвертичных ледников, спускавшихся со Скандинавского щита.

Результаты сопоставления металлогении Скандинавии и других регионов, окаймляющих Русскую платформу, дали повод для определенного оптимизма в оценке перспектив аналогичной золотоносности по крайней мере тех площадей, которые расположены близко к коренным источникам. К числу таких перспективных территорий была отнесена и предгорная аккумулятивная равнина Северного Кавказа, на которой разведаны и разрабатываются многочисленные месторождения ПГС. Обследование действующих карьеров в Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкессии, действительно, показало наличие золота в тонких фракциях (отсевах), которые при обогащении природных песков сбрасываются в хвостохранилища.

Опробование проводилось в первую очередь по долинам рек, в верховьях которых известны золоторудные проявления в породах PR—Pz или россыпные месторождения. В связи с этим повсеместное обнаружение золота в концентрациях порядка 100 мг на кубометр отсевов рассматривалось как естественное подтверждение удачного геологического прогноза. Однако по мере расширения изучаемой площади оказалось, что в долинах рек Кубань, Баксан, Чегем, в бассейнах которых существенных золотопроявлений нет, в отсевах из аллювия также содержится золото в аналогичных концентрациях. Впоследствии содержания золота того же порядка были установлены в отсевах из аллювия реки Гизельдон, бассейн которой расположен хотя и в высокогорной части Большого Кавказа, но вне пределов области развития его кристаллического ядра, а мезозойские толщи, слагающие область питания реки, практически не рудоносны.

Несостоятельность базы прогноза стала

очевидной, когда золото (в тех же концентрациях!) было обнаружено в отложениях речки Золка, истоки которой находятся севернее линии Кисловодск-Нальчик. Здесь россыпеобразующий объект в традиционном понимании этого термина невозможно даже предположить, т.к. область размыва сложена карбонатно-терригенными породами верхнего мела и моложе, не затронутыми какими-либо наложенными процессами.

Первый вывод, который может быть сделан из приведенных сведений, сводится к тому, что содержание золота в аллювии рек, стекающих на север с горного сооружения Большого Кавказа, не зависит от состава геологических образований, слагающих области размыва (питания)*.

Второй вывод, может быть, требующий более строгого доказательства, заключается в признании того, что среднее содержание золота в аллювии рек Русской равнины и Предкавказья вообще не зависит от бассейна сноса, поскольку это содержание одинаково в аналогичных продуктах размыва пород как Скандинавии, так и Кавказа. Действительно, в обоих регионах не известны золоторудные объекты, а региональные кларки золота, по видимому, весьма близки.

Справочные данные по кларкам свидетельствуют о сравнительно равномерном распределении золота в различных типах горных пород — на уровне $n \cdot 10^{-7} \%$, что, вероятно, справедливо как для Кавказа, так и для Скандинавии. Такие средние содержания золота в коренных породах будут воспроизводиться и в продуктах их выветривания и размыва, хотя некоторое перераспределение имеет место и может быть оценено количественно.

Т.к. средний выход отсевов составляет около 10 % от массы ПГС, а среднее содержание золота в отсевах природных ПГС соответствует уровню порядка 100 мг/м³, т.е.

* Либо состав этих образований недоизучен (ред.).

примерно $n \cdot 10^{-6}$ весовых процентов, то повышение содержания золота в этой фракции составляет один порядок относительно кларка. Соответственно, в более крупных фракциях содержания золота, по-видимому, на порядок снизятся. Другие источники накопления золота в тонких фракциях ПГС вряд ли могли играть заметную роль, т.к., во-первых, общее количество металла в месторождениях ПГС Северо-Кавказской предгорной равнины предположительно велико и многократно превышает самые оптимистические оценки прогнозных ресурсов золота в регионе, а во-вторых, латеральное постоянство содержаний было бы трудно объяснить при точечных источниках сноса золота.

Отдельные элементы процесса образования золотоносного аллювия в незолоторудных районах хорошо известны:

в начале процесса в формирующихся корях выветривания происходит высвобождение золота из разрушающихся минеральных зерен и их сrostков и укрупнение обособлений золота;

размыв кор выветривания различной степени зрелости обеспечивает перенос золота в ручьи и реки, в долинах которых при определенных условиях часть золота может образовывать россыпи традиционного типа на коренном или ложных плотиках. Для этого необходимо, чтобы крупность частиц золота и скорость потока находились в соответствующем соотношении;

независимо от образования россыпей, в речном потоке происходит механическое измельчение всех составных частей твердой фазы потока (в том числе зерен золота) и их перемешивание. Чем ниже по течению реки, тем более однородным становится литологический и гранулометрический состав аллювия;

в процессе размыва и переотложения кор выветривания могут формироваться промежуточные коллекторы золота. На Северном Кавказе эту роль играют каменноугольные, пермские и триасовые конгломераты, базальные слои нижней юры, раннечетвертичные моренные отложения и, возможно, некоторые другие образования. В промежуточных коллекторах, попадающих в зону денудации, происходят все кооробразующие процессы, в числе которых

следует отметить дальнейший рост минеральных индивидов золота.

Месторождения природных песчано-гравийных смесей, используемых для производства строительных материалов, образуются на определенных отрезках долин, где гидродинамические условия обеспечивают формирование толщ оптимального гранулометрического состава. В этих толщах практически отсутствуют валуны, требующие механического дробления, и относительно невысоко содержание тонких фракций ($-0,16$ мм). В осадках именно такого гранулометрического состава концентрируется золото, доступное для попутного извлечения. Золото более крупных фракций технологически не может быть рентабельно извлечено при «знаковых» содержаниях на массу. В классе $-0,16$ мм некоторая часть золота (наиболее мелкого) неизбежно теряется, но применение специальных улавливающих устройств позволяет снизить эти потери до приемлемого уровня.

Таким образом, промышленное значение попутного золота зависит не столько от его содержаний в ПГС (оно, как мы видим, довольно постоянно), сколько от фактической производительности дробильно-сортировочной установки. За возможный ориентировочный предел при современном уровне цен и налогов можно принять переработку 1 млн. м^3 ПГС в год.

Приведенные здесь данные относятся к наименее перспективным территориям в России. Условно говоря, параметр «п» в значении регионального кларка золота для Русской равнины и Кавказа можно принять за единицу. Величина этого параметра в регионах с повышенной специализацией на золото (Урал, Забайкалье, Чукотка) значительно выше. Обособление «фоновое» золота в этих регионах, возможно, следует рассматривать как одну из причин широкого развития россыпей при отсутствии видимых источников россыпеобразования в коренных породах.

Фактический материал и некоторые выводы, изложенные выше, могут, по мнению автора, послужить обоснованием для организации геологического изучения месторождений ПГС в качестве источника золота в любом геологическом регионе.

S. B. Yashchinin

GOLD AS A MINOR COMMODITY IN SANDY-GRAVEL MIXTURE DEPOSITS

Данная статья А.А.Сидорова и И.Н.Томсона была представлена в журнал в форме письма, продолжающего дискуссию о "базовых рудных формациях". Редколлегия "Руд и металлов" сочла необходимым предоставить возможность высказаться по этой проблеме и Н.А.Фогельман, чьи публикации в той или иной мере анализируются А.А.Сидоровым и И.Н.Томсоном. Одновременная публикация обеих работ, как кажется, позволит нашим читателям объективно оценить состояние проблемы и суть различных подходов к ее решению.

УДК 553.001.57

© А.А.Сидоров, И.Н.Томсон, 1997

БАЗОВЫЕ РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ – ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А.А.СИДОРОВ, И.Н.ТОМСОН (ИГЕМ РАН)

В нынешнее время, когда круг читателей геологической литературы угрожающе сужается, к любому критическому разбору следует относиться с особой благодарностью. К статье Н.А.Фогельман [5] мы так и относимся, хотя и вынуждены отреагировать на досадные искажения наших представлений.

Н.А.Фогельман, как и Д.И.Горжевский [1], упорно характеризуют нашу концепцию в исключительно одностороннем виде: «Эти исследователи в основу систематики кладут базовые формации, возглавляющие рудноформационные ряды, служащие источником рудного вещества для сопутствующих им сателлитных формаций» [5, стр. 63], а также «...появилось понятие о так называемых базовых формациях, сущность которого заключается в выделении некоторых рудных формаций, из которых возникают другие» [1, стр. 8]. У нас же после ряда убедительных примеров рудноформационных рядов различного типа делается вывод, что «В одноэтапных рудноформационных рядах развитие месторождений разных формаций (в т.ч. и базовых) представляется парагенетическим из единых или весьма подобных рудообразующих флюидов (растворов) по мере их дифференциации (от многокомпонентных до монометалльных)» [4, стр. 85]. Из этой цитаты, казалось бы, никак нельзя сделать вывод, что месторождения базовых формаций служат источником рудного вещества для руд других (сателлитных) формаций. И даже в следующем выводе, который мог ввести в заблуждение наших критиков, утверждается всего лишь, что «В полихронных образованиях более отчетливо проявляется многократное переотложение

руд, а месторождения базовых формаций обычно представляются в качестве источников рудного вещества для поздних жильных формаций» [4, стр. 86]. И опять-таки не для всех, а только для поздних жил в полихронном рудноформационном ряду. И когда мы «выводим» из минералого-геохимических (а не только из минералогических) ассоциаций вкрапленных руд другие жильные месторождения, прежде всего подчеркивается вещественное родство руд базовых и сателлитных формаций, общность их источников рудного вещества. Естественно, что при многократной реювенации (регенерации) рудных образований именно вкрапленные и особенно тонковкрапленные руды представляют собой эффективные вторичные (промежуточные) источники рудного вещества для новых жильных месторождений. Для иллюстрации роли генетических (как источника рудного вещества) и парагенетических (единый источник рудного вещества для базовых и сателлитных месторождений) связей месторождений базовых и сателлитных нами была приведена таблица [4, см. табл. 2]. В этой таблице четко определен тип связи базовых и сателлитных формаций. Таковы наши представления о развитии одноэтапных и полихронных рудноформационных рядов. Они, как явствует, существенно отличаются от того, как поданы нашими критиками. Эти представления сформировались в результате прежде всего полевого изучения многочисленных месторождений Дальнего Востока. Результаты этого изучения изложены в многочисленных опубликованных и рукописных работах. И конструктив-

ную критику новой концепции следовало бы начинать с рассмотрения первичного материала по конкретным рудным районам. Именно так делали мы, демонстрируя некорректность первичного материала о так называемых околорудных (околожилных) ореолах, о завершенных и незавершенных рудноформационных рядах [3, 4] и т.д.

На критику положения о многокомпонентности руд месторождений базовых формаций типа того, что в рудах Балейского и других «небазовых» эпитермальных месторождений обнаружено свыше 50 рудообразующих минералов, очень легко возразить. В пределах рудных полей Карлин, Бингем, Песчанка, Нежданинское, Тайское и их окрестностях при желании можно обнаружить все эти рудообразующие минералы и еще столько же минеральных микроассоциаций в сульфидах. Кроме того, говоря о том, что минералого-геохимические (а не минеральные) ассоциации руд месторождений базовых формаций в определенной мере отражают состав минеральных ассоциаций месторождений всего рудноформационного ряда, мы имеем в виду всегда конкретный, а не абстрактный рудный район, и сопоставления корректны только в пределах этого района. Нельзя, например, искать элементы минералого-геохимического родства между рудами того же Балейского месторождения и рудами медно-порфирового месторождения Песчанка на Чукотке только потому, что мы считаем последнее базовым по отношению к многочисленным золото-серебряным проявлениям Баимского рудного района.

Концепция базовых рудных формаций появилась как необходимый элемент при моделировании рудноформационных рядов (рудных комплексов), так как уже во время когда-то необходимой специализации исследователей в области геологии золота, олова, меди, молибдена и т.д. стало очевидным, что без тщательного синтеза знаний, полученных в результате этой специализации, природу рудообразования невозможно понять даже с помощью самой совершенной физико-химии. Недаром в Геологическом словаре [Т. 1, стр. 350] было зафиксировано: «...совпадение или большое сходство главных признаков — состава, строения, геологического положения — ряда рудных месторождений дает основание относить их к одной классификационной группе, несмотря на различные условия их

образования (генезис)». Многочисленные примеры того, что эпитермальные золото-серебряные месторождения входят в различные рудноформационные ряды (рудные комплексы) и, следовательно, генетически разнородны (впрочем, как и золото-кварцевые и многие другие жильные месторождения), необходимо было отразить в геолого-генетических моделях. И без нового понимания состава и строения рудноформационного ряда это было бы невозможно. Причем иерархическое ранжирование ряда было необходимо. Существуют, по крайней мере, в отечественных систематиках, простые, даже монометалльные, рудные формации — ртутные, сурьмяные; существуют более сложные — полиметаллические. Практически в каждом рудном районе очевидно и возможно это ранжирование. Поэтому они вполне правомерны и на уровне абстрактных схем.

Месторождения базовых рудных формаций — это месторождения, наиболее полно отражающие по вещественному составу руд металлогеническую специализацию рудного района. Мы полагаем, что это удачное определение, так как в результате этого большинство крупнейших месторождений становятся важнейшими классификационными единицами. Мы предложили также отнести к базовым формациям большеобъемные геохимические аномалии, которые могут рассматриваться в качестве комплексных месторождений будущего, например, гигантские зоны тонкой сульфидизации в черносланцевых толщах. И дело не в терминах, они традиционны, хотя и не всегда корректны; мы старались не изобретать новых терминов без необходимости. Концепция базовых рудных формаций — необходимое звено в развитии генетических представлений о геологии рудных месторождений. Многократно доказано, что гидротермальные системы в рудных районах отчетливо эволюционируют от сложных многокомпонентных систем к простым до «однокомпонентных» включительно; хорошо прослежены связи между этими системами на основе анализа минеральных парагенезисов и геохимических ореолов. Иными словами, в каждом рудном районе всегда можно найти более сложное (более базовое) и менее сложное (менее базовое) по составу руд месторождение, а затем на основе родственных минеральных ассоциаций определить их иерархию,

уйдя, наконец, от заведомо не существующих узко специализированных источников рудного вещества. И все это не выходит за рамки концепции эволюции гидротермальных систем, их расщепления и метаморфизма. Совершенно очевидно также, что мы никогда не приблизимся к пониманию источников рудного вещества, если будем представлять их в качестве специализированных образований для золотых, или оловянных, или сурьмяных месторождений. Иерархический рудноформационный ряд в нашем понимании представляется путеводной нитью к общим комплексным источникам рудного вещества, из которого в результате физико-химической дифференциации образуются совершенно конкретные рудные месторождения. Выделение в качестве рудных формаций групп сложных (порфировых, сульфидных) и групп сравнительно простых (жильных золотых, сурьмяных) месторождений не совсем корректно, но традиционно в пределах наших отечественных школ. Более того, именно это привело нас к разработке концепции базовых формаций и рудноформационных рядов. Непонимание этой простой концепции некоторыми исследователями связано главным образом с желанием во что бы то ни стало отстоять свои специализированные систематики рудных месторождений: колчеданные, медно-порфировые или золоторудные. С геолого-промышленных позиций это можно понять, с генетических позиций — это ложный путь и тупик. И мы делали и будем делать все возможное, чтобы найти выход из этого тупика.

Заканчивая свою статью, Н.А.Фогельман делает попытку «отметить возможные пути сближения рассмотренных концепций» (ЦНИГРИ и критикуемой). Сравнить нашу концепцию с многочисленными разработками ЦНИГРИ, в которых на протяжении семи лет принимал также участие один из авторов этой статьи, едва ли целесообразно. Но следует обратить внимание на принципиальные отличия предлагаемых Н.А.Фогельман «золотых рудно-энергетических систем» от наших рудноформационных рядов. Эти системы, как и все узко специализированные

систематики, поданы исключительно с позиции золоторудных формаций, хотя природу рудообразования и источники рудного вещества очень трудно понять только с позиции генезиса благородных металлов. Гораздо логичнее и несомненно эффективнее увидеть место золотой минерализации в «рудно-энергетических системах». Тогда, как явствует из «минеральных комплексов» и «примеров региональных генотипов» [5, стр. 67], выясняется, что роль золотой минерализации в рудно-энергетических системах далеко не определяющая. Особенно это очевидно для сравнительно хорошо изученных рудных районов (Березовско-Кочкарского, Синюхинского, Васильковского). Именно поэтому мы утверждаем, что понятие генетическую сущность месторождения можно только при моделировании рудноформационного ряда (рудного комплекса) в целом, для чего в первую очередь необходимо выявить определяющую металлогению рудного района базовую рудную формацию (хотя бы на данном этапе изученности региона).

Мы полагаем прошедший рудноформационный симпозиум и последующую полемику плодотворными, развивающими отечественные научные направления и благодарны их организаторам, а также исследователям, обратившим внимание на нашу концепцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горжевский Д.И. История возникновения и современное использование понятия «рудная формация» // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 5—9.
2. Сидоров А.А. О геолого-генетическом моделировании рудных комплексов // Доклады РАН. 1994. Т. 337. № 6. С. 794—796.
3. Сидоров А.А. О незавершенных рядах рудных формаций на Северо-Востоке России // Доклады РАН. 1991. Т. 319. № 6. С. 1405—1408.
4. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Рудноформационные ряды и некоторые проблемы крупных и уникальных месторождений // Руды и металлы. 1995. № 1. С. 84—97.
5. Фогельман Н.А. Базовые формации или геолого-генетические модели? // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 63—72.

A. A. Sidorov, I. N. Tomson

BASIC ORE ASSEMBLAGES: THE MOST IMPORTANT ELEMENT OF GEOLOGY-GENETIC MODELS

УДК 553.2:001.57

© Н. А. Фогельман, 1997

К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАХ РУДНОФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМАТИКИ И ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н. А. ФОГЕЛЬМАН (ЦНИГРИ МПР России)

Введение понятия «базовая рудная формация» и производных от него понятий и терминов А.А.Сидоров и И.Н.Томсон не сопровождаются необходимыми четкими определениями, что вызывает по крайней мере сдержанное отношение к этим разработкам [2, 4, 11]. Это понятие прилагается авторами к двум принципиально различным обстановкам рудогенеза. Первая из них отвечает ситуации регенерационного (в широком смысле слова) рудообразования — формированию жильных месторождений за счет перегруппировки сингенетических скоплений рудного вещества, включая и стратиформные месторождения. Примеры такого рудонакопления общеизвестны и широко описаны в работах В.Г.Гарьковца, Н.П.Ермолаева, Н.К.Курбанова и других исследователей [1, 3, 5, 6, 7 и др.]. Общеизвестно также, что подобные явления возможны лишь в случаях пространственного совмещения разновозрастных рудообразующих процессов, так что стратиформные («базовые») месторождения отнюдь не всегда являются источниками жильных («сателлитовых») месторождений. Например, в образовании кварцево-жильных месторождений элизионно-катагенетической природы могут быть не задействованы не только процессы регенерационного рудообразования, но и глубинные растворы.

Вторая ситуация, обычно демонстрируемая на примере медно-порфировых месторождений, отвечает определенным рудномагматическим системам, в которых центральные тела штокверковых медно-порфировых руд сопровождаются на периферии жильными месторождениями с полиметаллической или золото-серебряной минерализацией. Такие системы описаны в работах Г.М.Власова, М.М.Василевского, Р.Силитоу, И.Г.Павловой, А.И.Кривцова, И.Ф.Мигачева и многих других исследователей. Отнесение центральных частей таких

систем к базовым рудным формациям не вносит ничего нового и при этом совершенно не учитываются те особенности геологической обстановки, которые определяют состав входящих в систему месторождений (как порфировых, так и непорфировых). К ним относятся: состав и строение продуктивных вулканоплутонических ассоциаций, их положение в истории развития региона, состав рудоносных порфировых фаций и взаимосвязи между составом субстрата вулканических поясов, петрологическими особенностями рудоносных интрузивов и минерально-геохимическим составом руд и метасоматитов.

Исходя из понятия «базовых формаций», А.А.Сидоров и И.Н.Томсон выстраивают рудноформационные ряды без учета возраста составляющих их месторождений и геолого-генетических моделей рудообразования разных рудных формаций.

В обращении А.А.Сидорова и И.Н.Томсона в журнал «Руды и металлы» оспариваются некоторые положения опубликованной ранее статьи автора [11], что вынуждает привести дополнительную аргументацию.

Нас упрекают в преувеличении того значения, которое придается заимствованию из базовых формаций вещества других формаций, хотя именно эта тема явилась главным предметом дискуссии, в которой кроме автора участвуют А.Г.Жабин, Е.И.Филатов и Д.И.Горжевский [2, 4]. В то же время А.А.Сидоров и И.Н.Томсон никак не отреагировали на то, что в нашей статье высказаны сомнения по поводу протекания процессов дифференциации единого потока глубинных растворов в течение нескольких геологических периодов и о трактовке рудной зональности с позиций теории Эммонса. Проигнорированы в ответе и наши данные о том, что не все жильные, в частности, золото-кварцевые месторождения формируются за счет регенерации вкрапленных сульфид-

ных руд и что эта концепция совершенно неприменима к плутоногенно-гидротермальным месторождениям золото-полисульфидно-кварцевой формации. Для этого типа месторождений ведущей является ассимиляционная модель рудообразования, а промежуточными источниками золота — донорные геологические (базит-гипербазитовые) формации.

Неубедительны и возражения на нашу критику по поводу объединения в единый формационный ряд золото-серебряных месторождений, развитых в субаэральных вулканических поясах и золото-сульфидных месторождений, залегающих в терригенных комплексах, иногда в фундаменте этих поясов в так называемой перивулканической зоне*. Авторы концепции «базовых формаций» утверждают, что «в пределах рудных полей эпitherмальных месторождений и их окрестностей (!) при желании можно обнаружить все рудообразующие минералы, присущие золото-серебряной формации». Фактически же наблюдается скорее обратная картина, поскольку эти руды, как правило, несут промышленные содержания серебра и нередко содержат также минералы селена и теллура, что совершенно не характерно для крайне простых по составу месторождений золото-сульфидной формации, в которых постоянными спутниками золота являются мышьяк и вольфрам.

Никакого внимания А.А.Сидоров и И.Н.Томсон не уделили принципам предложенной нами систематики, если не считать неудачного сопоставления наших рудно-энергетических систем, являющихся совокупностью рудообразующих и содействующих рудообразованию процессов (и продуктивных геологических формаций), с рудноформационными рядами, выстраивая которые авторы оперируют только с рудным веществом, никак не связывая его с геохимической специализацией геологических формаций.

По большинству других содержащихся в нашей статье недоуменных вопросов также

не дано никаких разъяснений. Это касается не только теории Эммонса и длительности дифференциации глубинных растворов, но и неправомерности ранжирования рудных формаций (а не таксонов рудноформационной систематики), неясности роли продуктивных геологических формаций, соотношения формационных рядов, возглавляемых базовыми формациями, с рядами самих базовых формаций. Никакого отклика не последовало и на замечания Д.И.Горжевского [2] о том, что не все жильные месторождения свинцово-цинковых руд связаны с промежуточными источниками, о неправомерности объединения в колчеданную формацию стратиформных месторождений, залегающих в осадочных и в вулканогенных толщах, а также о том, что к базовым формациям практически отнесены все известные рудные формации.

Ко всему сказанному можно добавить ряд положений концепции «базовых рудных формаций», еще более осложняющих ее понимание:

об участии докембрийских железистых кварцитов как источника вещества в формировании фанерозойских колчеданных, скарно-магнетитовых и даже золото-кварцевых месторождений [9];

о возможности вывести все разнообразие рудных формаций из трех «праформаций»: железистых кварцитов, медно-никелевой и хромитовой (там же);

о существовании допорфировых зон сульфидизации, служащих «убедительным указателем причин и механизма происхождения порфировых формаций» [8].

Последнее положение окончательно запутывает проблему, так как порфировые формации во всех публикациях А.А.Сидорова и И.Н.Томсона фигурируют в качестве основных базовых. Может быть, и они, в свою очередь, могут служить базовыми для сульфидно-вкрапленного оруденения? При таком подходе не только базовые, но и все рудные формации теряют свою индивидуальность, и становится совершенно невозможным использовать приписываемое базовым формациям свойство «полностью отражать металлогеническую специализацию рудного района».

Возможность применения развиваемой А.А.Сидоровым и И.Н.Томсоном концепции

* Выделение перивулканических зон не имеет никакого генетического значения, поскольку в период формирования в них вкрапленного, в значительной части сингенетического, оруденения никаких вулканических поясов с золото-серебряным оруденением еще не существовало.

к обоснованию прогнозов того или иного типа рудных месторождений проблематична. Использование в этих целях нашей схемы основано на том, насколько тектоно-магматические условия периода рудообразования соответствуют становлению определенной рудно-энергетической системы, а конкретные геологические обстановки (структурно-вещественные парагенезисы) рудных районов способствуют реализации объектов, описываемых входящими в эту систему геолого-генетическими моделями рудообразования, каждая из которых включает в себя соотношения геологических и рудных формаций.

В целом, в силу нечеткости определения понятия базовой рудной формации и спорности научного и практического значения основанной на нем концепции, можно согласиться с Д.И.Горжевским [2] и А.Д.Щегловым [12], что это понятие в рудноформационном анализе излишне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарьковец В.Г. О выделении кызылкумского типа сингенетично-эпигенетических месторождений // ДАН СССР. Т. 208. № 1. 1973. С. 163—165.
2. Горжевский Д.И. История возникновения и современное использование понятия «рудные формации» // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 5—9.
3. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. Стратиформное рудообразование в черных сланцах. — М.: Наука, 1986.
4. Жабин А.Г., Филатов Е.И. Базовые рудные формации рудоносных систем // Отеч. геология. 1995. № 1. С. 13—17.
5. Курбанов Н.К. Особенности формирования экзогенно-эндогенных месторождений благородных металлов в углеродисто-терригенных комплексах // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 29. С. 3—14.
6. Курбанов Н.К., Фогельман Н.А. Гетерогенность и конвергентные ряды месторождений золотоносных рудно-энергетических систем // Отеч. геология. 1996. № 1. С. 11—20.
7. Петров В.Г. Условия золотоносности северной части Енисейского края. — Новосибирск: Наука, 1974.
8. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Базовые рудные формации и новый подход к систематике месторождений. // Тихоокеанская геология. 1989. № 6. С. 97—102.
9. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Рудноформационные ряды и некоторые проблемы крупных и уникальных месторождений // Руды и металлы. 1995. № 1. С. 89—98.
10. Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отеч. геология. 1995. № 3. С. 31—41.
11. Фогельман Н.А. Базовые формации или геолого-генетические модели? // Руды и металлы. 1996. № 5. С. 63—74.
12. Щеглов А.Д. Атлас по геологии месторождений золота и серебра // Отеч. геология. 1996. № 9. С. 48—51.

N. A. Fogelman

ON METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF ORE-ASSEMBLAGE-BASED
SYSTEMATIZATION AND PREDICTION OF ORE DEPOSITS

РЕЦЕНЗИИ

УДК 929

© Д. И. Горжевский, 1997

К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В. М. КРЕЙТЕРА*

Д. И. ГОРЖЕВСКИЙ (ЦНИГРИ МПР России)

В октябре 1997 г. исполняется 100 лет со дня рождения основателя учения о поисках и разведке рудных месторождений — Владимира Михайловича Крейтера. К этой дате вышла в свет книга «Крейтер Владимир Михайлович».

По учебникам В.М.Крейтера учились и учатся тысячи студентов практически во всех высших учебных заведениях геологического профиля стран СНГ.

Идеи, впервые сформулированные В.М.Крейтером, лежат в основе большинства методов поисков и разведки рудных месторождений. Поэтому первая книга, рассказывающая о жизни и творчестве выдающегося ученого, будет интересна для многих читателей.

В ней не только раскрыта многогранная деятельность В.М.Крейтера в области методов и организации геологоразведочных работ, оценки рудных месторождений на самых ранних стадиях их разведки, но и описаны основные этапы жизни Владимира Михайловича Крейтера: детство, юность, учеба в Петербургском Горном институте, участие в первых геологических исследованиях на Урале и в Восточном Забайкалье, посещение ряда рудных месторождений США, а также свинцово-цинковых месторождений Забайкалья, медноколчеданных месторождений Урала, золоторудных месторождений Казахстана и др.

В книге подробно изложены выводы, сделанные В.М.Крейтером в его знаменитой книге «Поиски и разведка полезных ископаемых», опубликованной в 1940 г., и рассказано об организации и работе кафедр поисков и разведки в Московском Геологораз-

ведочном институте и кафедры Рудничной геологии в Московском институте цветных металлов и золота.

Не обойден вниманием и драматический эпизод — необоснованный арест В.М.Крейтера вместе с группой других выдающихся геологов СССР и его пребывание в лагере в течение 5 лет.

Завершается книга рассказом о возвращении В.М.Крейтера в Москву, его полной реабилитации и организации кафедры месторождений полезных ископаемых и их разведки в Университете Дружбы народов.

Специальный раздел книги посвящен ученикам-аспирантам В.М.Крейтера, среди которых следует назвать известных ученых Г.Д.Ажгиря, В.В.Аристов, М.Н.Денисова, А.В.Дружинина, Н.П.Ермакова, В.Н.Козеренко, Д.С.Крейтер, Е.М.Лазько, Д.П.Резвого, И.З.Самонова, В.И.Смирнова, Н.Н.Трофимова и других. Конечно, этот список далеко не полон, ведь многие другие геологи, не являясь формально аспирантами В.М.Крейтера, считали себя его учениками и развивали разработанные им научные направления.

В.М.Крейтер, несомненно, создал выдающуюся школу ученых в области геологических наук, подобных которой в нашем столетии насчитывается немного.

Книга написана прекрасным литературным языком и читается с большим интересом. Можно надеяться, что в будущем она не раз будет переиздаваться, тем более что выпущена она тиражом всего в 200 экземпляров.

Учитывая это предположение, можно высказать некоторые пожелания, которые, может быть, авторы книги учтут при ее переиздании.

С моей точки зрения, в книге недостаточно раскрыто значение понятия о про-

* Крейтер Д.С., Аристов В.В., Трофимов Н.Н. Крейтер Владимир Михайлович. — М.: ПАИМС, 1997, 120 с.

мысленных или геолого-промышленных типах месторождений, введенного В.М.Крейтером в учение о поисках и разведке месторождений. Это понятие, сформулированное В.М.Крейтером впервые в мировой литературе в 1940 г. и выдвинутое американским геологом А.Бетманом в 1942 г., очень быстро сыграло огромную роль в геологической практике поисков месторождений; уже в 1954 г. В.И.Смирнов писал, что геолог, осуществляющий поиски определенных полезных ископаемых и не знающий их геолого-промышленных типов, не в состоянии качественно проводить эти работы.

К уточнению понятия о геолого-промышленных типах В.М.Крейтер возвращается вновь в 1960 г. и в 1968 г. Уже после опубликования этих трудов многочисленными исследованиями было показано, что каждый геолого-промышленный тип месторождений ассоциирует с конкретной геологической формацией и определенными типами тектонических структур и обстановок. В этом отношении понятие о геолого-промышленном типе близко к введенному впоследствии понятию о рудных формациях, отличающаяся от последнего лишь важным экономическим значением в мировой добыче.

При переиздании книги, как мне кажется, следовало бы еще подчеркнуть поразительное умение В.М.Крейтера оценивать творческий потенциал ученых и специалистов. Он хотел среди своих учеников видеть широко образованных людей с гибким умом и одновременно с умением выполнять задачи в определенные сроки и быть обязательным в выполнении своих обещаний. Этим и руководствовался Владимир Михайлович, создавая научные коллективы. Мне пришлось присутствовать при подборе

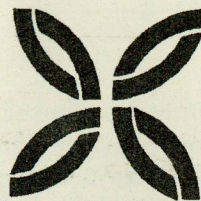
В.М.Крейтером коллектива геологов Алтайской экспедиции. Это было перед его арестом в 1949 г. Подобранный и созданный им коллектив успешно проработал на Рудном Алтае последующие восемь лет, сумев за этот период открыть в регионе целую серию новых полиметаллических месторождений.

С моей точки зрения, недостаточное внимание уделено и последней книге «Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых», составленной под руководством и с участием В.М.Крейтера его учениками. В этой книге гораздо глубже, чем раньше, рассмотрены геологические, геохимические и геофизические поисковые критерии и признаки, структуры месторождений и методы поисков. Кроме того, здесь впервые рассмотрены типовые геологические обстановки для близких геолого-промышленных типов месторождений различных полезных ископаемых. К сожалению, задуманный второй том этой книги, который должен был быть посвящен разведке месторождений, так и не вышел в связи со смертью Владимира Михайловича.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что рецензируемая книга о В.М.Крейтере нужна всем, кто интересуется учением о поисках и разведке полезных ископаемых, историей формирования этой науки и биографией ее основателя — одного из выдающихся ученых нашего века. Книга популярно излагает сущность важнейших идей В.М.Крейтера, оценивает его деятельность в качестве блестящего педагога и организатора научных коллективов и подчеркивает его человеческое обаяние. Книга читается с большим интересом. Полагаю, что она нуждается в переиздании большим тиражом.

D. I. Gorzhevsky
ON V. M. KREITER'S BIRTH CENTENARY

ПОЗДРАВЛЯЕМ



24 августа 1997 года исполнилось 80 лет **ВЛАДИМИРУ ВАСИЛЬЕВИЧУ ГРЕЧУШКИНУ** — ветерану Великой Отечественной Войны, одному из старейших сотрудников ЦНИГРИ. Он поступил в институт в марте 1941 года, а через 4 месяца был призван в армию и прошел по полям многих сражений, участвуя и в Сталинградской битве, и в боях на Кенигсбергском плацдарме. Ратные подвиги В.В.Гречушкина отмечены высокими правительственными наградами: тремя орденами и пятнадцатью медалями. После демобилизации в 1946 году он вернулся в ЦНИГРИ и активно включился в научно-исследовательскую работу. Обладая большими знаниями в области точной механики и электроники и «золотыми руками», В.В.Гречушкин дал жизнь многим измерительным приборам для контроля параметров воздушной среды, электронным устройствам для управления вентиляцией подземных горных выработок, экологического контроля за вредными выбросами.

В.В.Гречушкин принимал непосредственное участие в долгосрочной программе работ по автоматизации проветривания, которые завершились пуском в промышленную эксплуатацию первой в отечественной практике автоматизированной системы управления вентиляцией на Дегтярском и Крылатском рудниках.

Много сил и энергии отдал В.В.Гречушкин созданию портативных приборов типа «Поток» для контроля параметров воздушной среды в производственных помещениях.

Для Владимира Васильевича характерно стремление постоянно познавать новое и совершенствовать свое мастерство, плодами которого постоянно пользуются многие специалисты. Не зря его называют «электронный доктор».

В.В.Гречушкин — автор 15 изобретений и патентов, им опубликовано 17 научных статей. Он имеет 20 удостоверений на рационализаторские предложения, диплом и семь медалей ВВЦ (ВДНХ), награжден двумя почетными грамотами Министерства геологии СССР и ЦК профсоюза работников геологоразведочных работ.

Отмечая славный юбилей, желаем Владимиру Васильевичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов!

МИХАИЛУ МИХАЙЛОВИЧУ КОНСТАНТИНОВУ — ведущему ученому в области геологии и металлогении — исполняется шестьдесят лет. За его плечами непростой путь от техника-оператора до руководителя крупного подразделения ЦНИГРИ. Он избран членом трех Академий наук — Российской, Нью-Йоркской и Международной Академии минеральных ресурсов.

Вся научная деятельность М.М.Константинова связана с ЦНИГРИ; в 1960 г. им были начаты исследования свинцово-цинковых месторождений Северного Кавказа, на основе чего через 6 лет защищена кандидатская диссертация.

С 1966 г. объектами научно-производственных интересов М.М.Константинова стали золоторудные месторождения: вначале Закавказской провинции, а затем, на долгие годы, Северо-Востока России, Дальнего Востока, Якутии, Средней Азии. Результаты изучения золотоносности на альпийских поясах Евразии и других континентов были обобщены в докторской диссертации (1980), посвященной золото-серебряным месторождениям вулканогенных поясов.

Для научных трудов М.М.Константинова характерен широкий спектр направлений: детальное комплексное изучение крупных золоторудных месторождений, описанных в монографических изданиях ЦНИГРИ; экспериментальные работы по минералогии золота и моделированию структур рудных полей; разработки в области рудной зональности,

генезиса и типизации месторождений золота и серебра; крупные сводки и обобщения по зарубежным месторождениям. Монографии, атласы, методические руководства, статьи — список трудов достиг 200 наименований.

М.М.Константинов переводит большой объем иностранной литературы для рубрик Реферативного журнала (Геология) «Месторождения благородных металлов» и «Ресурсы минерального сырья», способствуя ознакомлению читателей журнала с зарубежными открытиями и периодической информацией.

Умение просто и доступно излагать сложные геологические материалы и явная литературная одаренность сделали его неизменным участником ряда авторских коллективов, серии методических руководств, обобщающих богатый опыт изучения месторождений и разработки методик прогноза, поисков и оценки.

Широкая сфера общественно-научной деятельности М.М.Константинова включает преподавательскую работу, участие в Экспертных Советах, работу в редколлегиях журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы», в Ученых Советах ЦНИГРИ и ИГЕМа и т.д. Он лауреат премий Мингео СССР, им. академика В.А.Обручева, отличник разведки недр.

Поздравляя Михаила Михайловича с юбилеем, от души желаем ему крепкого здоровья, душевной гармонии и дальнейших творческих успехов.

СЕРГЕЙ СТЕФАНОВИЧ КАЛЬНИЧЕНКО — ведущий специалист в области геологии россыпей и организации поисково-оценочных работ — отмечает свое шестидесятилетие.

Производственную и научную деятельность Сергей Стефанович начал в Ленской экспедиции ЦНИГРИ в 1961 году с изучения геологии россыпей золота. После окончания аспирантуры и успешной защиты кандидатской диссертации по геологии россыпей Тувы он много лет проработал на Северо-Востоке, руководя исследованиями по поискам, оценке и разведке россыпей Чукотки, Корякии и Магаданской области. С 1985 года Сергей Стефанович возглавляет отдел геологии россыпей ЦНИГРИ. Под его научным руководством проведена оценка россыпей золота и обоснование направлений ГРП на Северном Таймыре, юге Красноярского края, Корякско-Камчатской области и начаты работы по оценке перспектив россыпной золотоносности центральных районов Русской плиты. С.С.Кальниченко неоднократно участвовал в экспертных работах в ряде зарубежных стран.

С.С.Кальниченко — автор более 80 научных работ, член редколлегии журнала «Руды и металлы» и Ученого Совета ЦНИГРИ; он награжден медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда», почетной грамотой Министерства геологии СССР.

Сергей Стефанович находится в полном расцвете творческих сил. Поздравляя его с шестидесятилетием, желаем ему успехов и плодотворной деятельности.



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И ОЦЕНКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С МЕЛКИМ ЗОЛОТОМ

В ЦНИГРИ на основе многолетнего геологического изучения россыпей с мелким золотом в различных золотоносных районах страны разработана эффективная методика прогнозирования, поисков и оценки месторождений с мелким золотом ($-0,25 \div +0,01$ мм).

Построены основные модели формирования россыпей мелкого золота в системе "коренной источник — склон — долина — берег моря", отражающие условия россыпеобразования (от малоблагоприятных до оптимальных) в зависимости от типов коренных источников, степени дезинтеграции руды в элювиально-делювиальную стадию, литолого-фациальных особенностей отложений, характера новейших тектонических движений и т.д.

На основании разработанных моделей предлагается совокупность критериев прогноза и поисков месторождений с мелким золотом. Методика поисков и оценки базируется на технологическом опробовании россыпей с применением высокоэффективного обогащательного оборудования, предусматривающем определение полного (истинного) содержания золота в пробах с установлением количественного соотношения золота разных технологических видов и классов крупности.

Методика позволяет установить основные закономерности формирования россыпей с мелким золотом, определить геолого-промышленные типы месторождений, произвести количественную оценку мелкого золота и разработать принципиальные схемы обработки геологоразведочных проб для месторождений разных типов.

Использование методики обеспечивает увеличение запасов золота известных россыпей и выявление новых, отличающихся преимущественно мелким золотом, наиболее полный учет прогнозных ресурсов россыпного металла в любом золотоносном районе.

Методика опробована в ряде районов Сибири и Дальнего Востока.

Вид реализации — инжиниринг.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129"Б", ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-27-56
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ПРОГНОЗ, ПОИСКИ И ОЦЕНКА КРУПНЫХ РОССЫПЕЙ ПЛАТИНЫ, СВЯЗАННЫХ С НОВЫМ ТИПОМ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Предлагается к реализации комплекс прогнозных и поисково-оценочных критериев крупных и уникальных россыпных месторождений платины, связанных с новым типом коренного источника — щелочно-ультраосновными интрузивными породами. Комплекс охватывает все этапы геологоразведочного процесса — от оценки прогнозных ресурсов месторождений до прогноза положения наиболее богатых участков россыпи и зон распространения в них самородков, что имеет важное значение для выбора параметров поисковой и разведочной сети, определения объема проб.

Количественное прогнозирование россыпей МПГ осуществляется на основе методики, учитывающей основные факторы россыпеобразования: наличие коренного источника определенного формационного типа и уровень его эрозионного среза, наличие кор химического выветривания и промежуточных коллекторов, объем эродированной массы платиноносных пород, их россыпеобразующий потенциал, динамику высвобождения металла из обломков платиноносных пород в ходе их транспортировки, величин гидродинамической активности водных потоков.

Особенности геологического строения и горно-технических условий отработки платинометальных месторождений этого типа позволяют проводить геологические исследования и эксплуатацию месторождений сравнительно небольшими горнодобывающими компаниями.

Перспективы обнаружения платинометальных россыпей, связанных с новым типом коренных источников, существуют в пределах большинства древних платформ и срединных массивов складчатых областей США, Канады, Австралии, Африки, Бразилии, Индии, Китая и других стран.

Разработанный комплекс прогнозных и поисково-оценочных критериев позволит определить наиболее оптимальные участки под опытную эксплуатацию и свести к минимуму размер инвестиционного капитала на первых этапах геологоразведочных работ за счет получения прибыли от добытого металла.

Вид реализации — инжиниринг, ноу-хау.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129"Б", ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-27-56
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru