

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



6/2009

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

Зам. главного редактора А.И.КРИВЦОВ
Зам. главного редактора Н.И.НАЗАРОВА

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
Ю.К.ГОЛУБЕВ
В.С.ЗВЕЗДОВ
П.А.ИГНАТОВ
В.В.КУЗНЕЦОВ
Н.К.КУРБАНОВ
Г.А.МАШКОВЦЕВ
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН
С.Ф.СТРУЖКОВ



УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
РОСНЕДРА МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Москва ЦНИГРИ 2009

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

Сдано в набор 23.11.09 г.
Подписано в печать 03.12.09 г.
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2
Бумага листовая
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Факс: 313-43-47
E-mail: tsnigri@tsnigri.ru
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2009

Выступление Председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации С.М.Миронова на парламентских слушаниях «О стратегии развития геологической отрасли на период до 2030 года» 20 ноября 2009 года, г. Москва	5	S.M. Mironov, Chairperson of the Council of Federation of the Federal Assembly of the Russian Federation: On the Development Strategy of Economic Geology during the Period from Now to 2030, a speech in the RF Parliament, November 20, 2009, Moscow	
Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений		Geological exploration and prospecting: Techniques and methods	
<i>Мавричев В.Г., Молодцов И.В., Виноградов А.Е., Баранов В.Н., Чурсин В.П.</i> Возможности крупномасштабных аэрогеофизических исследований при поисках золота в Республике Бурятия	8	<i>Mavrichev V.G., Molodtsov I.V., Vinogradov A.E., Baranov V.N., and Chursin V.P.</i> Potential of the large-scale airborne geophysics in gold exploration, Republic of Buryatia, Russia	
<i>Монтин А.С.</i> Расчет оптимальной разведочной сети на участке Надежда месторождения Луккулайсваара	11	<i>Montin A.S.</i> Optimizing the exploration drilling grid at the Nadezhda property, Lukkulaisvaara mining camp	
<i>Чекваидзе В.Б., Миляев С.А.</i> Эндеогенные ореолы сидерофильных элементов золоторудных месторождений	15	<i>Chekvaidze V.B., Milyaev S.A.</i> Endogeneous siderophile chemical elements' halos of the lode gold deposits	
Строение рудных месторождений		Architecture of ore deposits	
<i>Гусев А.И., Гусев Н.И., Ефимова И.В.</i> Магматизм и оруденение Кумирского рудного поля, Горный Алтай	21	<i>Gusev A.I., Gusev N.I., and Efimova I.V.</i> Kumirsk ore field, Rudny Altai: Magmatism and ore mineralization	
<i>Рампилов М.О., Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г.</i> Особенности редкометальной минерализации в альбититах и альбитизированных гранитах на площади Ангаро-Витимского батолита	29	<i>Rampilov M.O., Ripp G.S., and Doroshkevich A.G.</i> The Angara-Vitim Batholith: Special features of the rare metal mineralization hosted by albitite and albitized granite	
<i>Некрасов А.И., Тямисов Н.Э., Соловьев В.Н.</i> Сереброрудные месторождения Северо-Восточной Якутии — история изучения	36	<i>Nekrasov A.I., TyamISOV N.E., and Solov'ev V.N.</i> Silver deposits of SE Yakutia: History of studies	
<i>Некрасов А.И.</i> Количественная оценка диффузии водно-солевого флюида за счет аномальных температуры и давления	43	<i>Nekrasov A.I.</i> The anomalous temperature and pressure-driven diffusion of the mineralized water fluid: A quantitative estimate	

Комплексное использование минерального сырья

Чернышов Н.М., Кузнецов В.С., Петров С.В., Резникова О.Г.

Золотоносность Стойленского железорудного месторождения КМА

48

Макар'ев Л.Б., Вояковский С.К., Илькевич И.В.
Золотоносность урановых объектов в Кодаро-Удоканском прогибе

56

Клименко Н.Г.

О комплексном использовании полиметаллических сульфидных руд

65

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ

Голенев В.Б.

Особенности подготовки золотоносных сиалитных кор выветривания для разработки методом скважинного подземного выщелачивания

68

Зарубежный опыт

Кубанцев И.А.

Динамика и структура расходов на геологоразведочные работы (твердые полезные ископаемые): симптомы финансового кризиса и средства лечения

73

Алексеев Я.В.

Основные показатели региональной структуры мирового минерально-сырьевого обеспечения

75

Поздравляем с юбилеем

А.Д.Петровского, Ф.Л.Смирнова, М.С.Михайлову, Г.С.Симкина, Ю.Г.Шульгина, С.С.Двуреченскую

84

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2009 году

88

Multi-component usage of mineral resources

Chernyshov N.M., Kuznetsov V.S., Petrov S.V., and Reznikova O.G.

Gold potential of the Stoilensk iron deposit, the Kursk Magnetic Anomaly Area

48

Makar'ev L.B., Voyakovsky S.K., and Il'kevich I.V.
Gold potential of uranium deposits located in the Kodar-Udokan Basin

56

Klimenko N.G.

On the multi-component usage of the base metal sulfide ores

65

Mining and exploration techniques and technologies

Golenev V.B.

Preparative operations required in subterranean leaching of Au-bearing sillic weathering profile

68

News from abroad

Kubantsev I.A.

Financial crisis as expressed in the mineral exploration expenses: symptoms and remedies

73

Alekseev Ya.V.

Major regional structural features of the world mineral supply

75

Our congratulations:

A.D. Petrovsky, F.L. Smirnov, M.S. Mikhailova, G.S. Simkin, Yu.G. Shul'gin, and S.S. Dvurechenskaya

84

Rudy i Metally (Ores and Metals): List of publications-2009

88

**Выступление Председателя Совета Федерации Федерального Собрания
Российской Федерации С.М.Миронова на парламентских слушаниях
«О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ
НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА» 20 ноября 2009 года, г. Москва**

Уважаемые коллеги! Рад приветствовать всех участников парламентских слушаний.

Тема, которую мы сегодня обсудим, представляется чрезвычайно актуальной и значимой для нашей страны. Судьба отечественной геологии, перспективы ее развития — все эти вопросы давно вышли за рамки чисто отраслевых или внутриведомственных проблем. Ведь особенность геологии в том, что она должна работать на опережение, создавать своего рода «запас прочности» для экономики. Поэтому, на мой взгляд, и горизонты геологической стратегии должны быть шире. Нам очень важно иметь объективное представление о том, на какой ресурсный потенциал может рассчитывать экономика не только в ближайшие годы, но и через 15–20 лет.

Я не раз высказывал свое мнение по поводу крайне сложного состояния дел в геологии. По некоторым направлениям ситуация просто критическая. Об этом шла речь и на съезде геологов в конце прошлого года, и на состоявшемся недавно IV Всероссийском съезде горнопромышленников. Мы уже не первый год говорим о чрезмерной зависимости нашей экономики от экспорта сырья, о необходимости развития инноваций и диверсификации структуры промышленности. Однако сделано в этом направлении, к сожалению, пока слишком мало. Поэтому абсолютно логично, что задача «всесторонней модернизации» стала лейтмотивом Послания Президента Федеральному Собранию. Думаю, мы все солидарны с Президентом в том, что медлить в решении задач модернизации больше нельзя. Нельзя забывать при этом, что инновации и современные технологии — это не противовес сырьевому сектору экономики. Напротив, развитие инновационного сектора самым непосредственным образом зависит от состояния дел с геологическим изучением, поиском и разведкой недр, освоением месторождений и воспроизводством запасов. Да и сама геологическая отрасль остро нуждается в кардинальной модернизации. Не будет ресурсов — не будет и развития экономики.

Безусловно, мы не должны сбрасывать со счетов то, что последние годы государство совместно с бизнесом начали постепенно решать накопившиеся в геологической отрасли проблемы. Но раскачка идет медленно. Если вспомнить начало девяностых годов, то тогда, как известно, доминировали представления, что с финансированием геологии можно подождать, особенно в условиях бюджетного дефицита. А запасов полезных ископаемых хватит на многие годы вперед. К чему привел такой подход, мы видим сегодня. Произошло свертывание целого ряда направлений научных геологических исследований. Резко сократились объемы разведочных работ. Многие геологические производственные предприятия практически прекратили свое существование. Сегодня ясно, что за короткий срок потенциал отрасли не восстановить, и последствия ошибочных решений в прошлом мы будем преодолевать еще немалое время. Однако верно и то, что общее положение дел в промышленности, в сырьевом секторе не позволяет и дальше медлить с принятием более решительных мер по кардинальному исправлению ситуации в отрасли.

Каждый специалист в геологии знает, что на сегодняшний день объемы добычи попрежнему серьезно опережают темпы разведки и освоения месторождений. В ре-

зультате за прошлые годы значительно сократился поисковый задел. Так, даже по нефти и природному газу прирост запасов по отношению к добыче составляет не более 60%. По объемам доказанных запасов нефти Россия уже сегодня находится лишь в конце первой десятки нефтяных стран. К сожалению, и в этом году под влиянием кризиса государство и частные компании сократили и без того недостаточное финансирование геологоразведочных работ. Между тем, по прогнозу ученых-геологов, для реализации даже умеренно оптимистических вариантов «Энергетической стратегии России», необходимо увеличить объемы геологоразведочных работ в 4–5 раз по сравнению с нынешним уровнем. Столь же серьезная ситуация в отрасли и с износом фондов, устареванием технологий, крайне недостаточным финансированием геологической науки, состоянием в сфере геологической информации и сервисных услуг. К сожалению, уже в настоящее время мы столкнулись с тем, что отсутствие инфраструктуры и современных технологий во многом тормозит разведку новых наиболее перспективных нефтегазовых территорий Восточной Сибири и континентального шельфа Арктики. Словом все основные задачи развития геологической отрасли носят не краткосрочный характер и должны решаться не отдельно друг от друга, а в контексте общеэкономической стратегии страны.

Уважаемые коллеги! Значительный ресурс подъема геологической отрасли кроется в улучшении организационной структуры управления отраслью. Многие из вас хорошо помнят, что в результате административной реформы 2004 года функции некогда единого геологического ведомства оказались рассредоточенными по ряду министерств и подразделений. Жизнь показала, что раздробление единой геологической службы на отдельные структуры — по контролю, нормативно-правовому и хозяйственному обеспечению, оказалось не оправданным. Получилось как в басне Крылова «про лебедя, рака и щуку». К тому же из нашей собственной истории мы знаем, что в свое время — в 60–80-х годах быстрое наращивание минерально-сырьевой базы в немалой степени было обеспечено за счет системы крупных территориальных научно-производственных объединений и специализированных геологоразведочных организаций, работавших под единым началом Министерства геологии.

Я уже не раз высказывал свое мнение о том, что необходимо воссоздание в нашей стране единой государственной системы управления геологической отраслью. Это позволит сконцентрировать усилия на решении тех стратегических задач, о которых мы говорим. Считаю, что очень важно также укрепить систему государственной геологической экспертизы и контроля. В этом заинтересовано не только государство, но и частный бизнес, который также нуждается в достоверной и полноценной геологической информации. Сегодня нередко складывается просто уже опасная ситуация, когда геофизическую информацию наши отечественные компании вынуждены покупать у зарубежных сервисных организаций. Причем, нередко с условием покупки у них дорогостоящего оборудования, которое во многих случаях с успехом могло бы производиться внутри страны.

Необходимо внести ясность и в разграничение функций между государством и бизнесом в процессе геологического изучения и разведки полезных ископаемых. Нерешенность этих вопросов приводит к нерациональному расходованию бюджетных средств. Поэтому мне представляется очень правильным решение Правительства создать на базе разрозненных государственных геологических предприятий мощный производствен-

ный холдинг «Росгеология». При этом, конечно, важно, как говорится, «не выплеснуть с водой ребенка». Главное, чтобы реорганизация не превратилась в формальную перетряску нынешних структур, а напротив — привела бы к реальному повышению качества управления отраслью.

Уважаемые коллеги! Все, кто имеет отношение к геологии, прекрасно знают, что без восстановления интеллектуального потенциала, без подготовки квалифицированных кадров, в том числе, и рабочих специальностей, рассчитывать на подъем отрасли просто бессмысленно. Труд геолога — и ученого, и производственника, сегодня в материальном и социальном плане недостаточно защищен. Считаю, что частные компании, безусловно, должны выстраивать свою стратегию с учетом привлечения квалифицированных кадров и направлять на их обучение и переподготовку значительные средства. Однако все-таки ключевую роль в восстановлении кадрового потенциала в геологии должно играть государство. Поэтому, на мой взгляд, нужна комплексная государственная программа подготовки квалифицированных кадров для геологической отрасли. Особую роль в этом процессе должны и могут сыграть геологические институты Российской академии наук. К счастью, в науке еще работают высокопрофессиональные ученые практически всех геологических направлений. Очень правильной идеей является создание при этих институтах образовательных центров повышения квалификации геологов по наиболее востребованным специальностям.

Уважаемые коллеги! Мы все прекрасно понимаем, что реализацию стратегии геологической отрасли можно обеспечить только с помощью качественных законов. Все последние годы мы ежегодно вносим многочисленные изменения в базовый для недропользования закон «О недрах». В этом плане он, наверное, рекордсмен по вносимым поправкам. Это и понятно, ведь жизнь не стоит на месте — необходимо постоянно корректировать какие-то нормы, чтобы привести их в соответствии с новыми задачами и условиями работы в отрасли. Однако, внесение поправок — это компромисс. Сегодня нам нужна четкая и целостная система законодательного регулирования недропользования, в том числе, геологической отрасли. Такая система, где четко определены приоритетные задачи и зоны ответственности субъектов отношений, предусмотрены стимулы развития отрасли, механизмы, регулирующие направления инвестиционных средств.

Считаю, что в основе развития законодательства должна лежать государственная долгосрочная стратегия воспроизводства минерально-сырьевой базы. Это необходимо, чтобы понимать, какие цели мы ставим и какими средствами хотим их достичь. Думаю, что стратегия должна проходить обсуждение в научных и деловых кругах и утверждаться на правительственном уровне. Не сомневаюсь, что представленные на слушания материалы Минприроды — проекты стратегии развития геологии и программы реструктуризации отрасли сделают разговор предметным и конструктивным. Надеюсь, что предложения и рекомендации слушаний будут самым внимательным образом рассмотрены и учтены при доработке этих важнейших для отрасли документов.

Хочу пожелать всем плодотворной работы.

Спасибо за внимание!

Источник: <http://www.mironov.ru/firstface/speeches/358.html>

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 550.83:553.411 (571.54)

© Коллектив авторов, 2009

ВОЗМОЖНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ ЗОЛОТА В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ

В.Г.Мавричев, И.В.Молодцов, А.Е.Виноградов, В.Н.Баранов (ФГУ НПП «Геологоразведка»), В.П.Чурсин (ЗАО «Байкал Энерджи»)

В современных условиях при поисках средних и мелких месторождений коренного золота целесообразно проведение комплексных аэрогеофизических исследований м-ба 1:5000–1:10 000 с новой современной аппаратурой. В качестве основных методов в составе аэрогеофизического комплекса применяется магнитометрия и гамма-спектрометрия. Показаны новые возможности аэрогеофизических работ при изучении и картировании купольных интрузивных структур и связанных с ними проявлений коренного золота.

Истощение минерально-сырьевой базы россыпного золота в Муйском золоторудном районе (Республика Бурятия) привело к необходимости вести поиски коренных источников золота, в частности, в пределах Парамо-Самокутской рудной зоны. Именно в поисках коренных месторождений заключается реальная перспектива дальнейшего развития Муйского добывающего района. В связи с этим перед золотодобытчиками встает новая задача — поиск и освоение средних и мелких рудных месторождений золота, которым в настоящее время уделяется значительное внимание. Поэтому на смену россыпям приходят рудные источники, давшие в 2006 г. более 2,7 т металла (В.И.Бахтин, П.А.Рощетаев, 2004).

В целях уточнения геологического строения, определения положения рудоконтролирующих структур, локализации перспективных участков на поиски коренных источников золота ЗАО «Байкал Энерджи» и ФГУ НПП «Геологоразведка» в 2008 г. провели в пределах южного обрамления Северо-Муйской глыбы на площади 800 км² комплексную аэрогеофизическую съемку м-ба 1:10 000. Комплекс аппаратуры включал высокочувствительный магнитометр АКМ-01, средневысотный аэрогамма-спектрометр ГСА-2000 и спутниковую систему привязки данных. Направление маршрутов рядовой съемки — широтное, летательный аппарат — вертолет МИ-8.

Опережающие крупномасштабные (1:5000–1:10 000) аэрогеофизические исследования относятся к начальному этапу поисков коренных источников золота, в том числе на участке Парамо-Самокутской рудной зоны, контролируемой Муякан-Самокутской системой разломов северо-восточного простирания.

На этапах геотектонического развития золотоносных провинций и смены эндогенных режимов земной коры выделяются три золотоносные рудно-энергетические системы: экзогенно-эндогенная, вулканогенная и плутоногенная.

В процессе интерпретации материалов аэросъемки и анализа геолого-геофизической информации предыдущих исследований на участке работ была определена основная модель формирования золоторудных проявлений — плутоногенно-гидротермальная. Не рассматривая все золотоносные рудно-энергетические системы, остановимся на этой модели золото-полисульфидно-кварцевого оруденения.

Месторождения золота, связанные с плутоногенно-гидротермальной моделью, формируются в условиях сводово-глыбового тектогенеза и тектономагматической активизации, обусловленной развитием габбро-гранитоидного магматизма в виде плутоногенных структур — куполов, и сопровождаются дайками различного состава.

Золото-сульфидно-кварцевые и золото-кварцевые месторождения плутоногенно-метаморфоген-

ного генезиса — наиболее распространенные типы благороднометалльных объектов, развитых в углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах докембрия и фанерозоя. Они известны во всех типах структур подвижных поясов (эпи-перикратонных) как в мезосинклинальных, так и в наложенных позднегеосинклинальных и орогенных прогибах. Отмечаются следующие важные факторы их локализации (Н.К.Курбанов, Н.А.Фогельман, 1996):

развитие полициклического и полигенного габбро-гранитоидного магматизма (от позднегеосинклинального до посторогенного);

длительное развитие мощных зон смятия глубокого заложения, сопровождающихся в рудовмещающем структурном этапе разветвленной системой оперяющих разломов;

формирование локальных плутоногенных структур, представленных несколькими фазами интрузивного магматизма;

наличие в рудоносно-рудовмещающих углеродисто-карбонатно-терригенных комплексах «донорных» рудоносных горизонтов с рассеянной золото-сульфидной минерализацией.

Выделяются надинтрузивно-интрузивная, мало-, умеренноудаленная и удаленная типовые обстановки распределения месторождений относительно плутоногенных структур.

Учитывая вышеизложенное, авторы при анализе материалов аэрогеофизической съемки исходили из предположения, что золото-кварц-сульфидные проявления на участке Парамо-Самокутской рудной зоны связаны с надинтрузивно-интрузивной и малоудаленной типовыми обстановками.

В магнитном поле и его трансформант центральной части участка работ в пределах Муякан-Самокутской тектонической зоны северо-восточных нарушений был выделен Саку-Самокутский массив сложного строения, с которым связано образование известных золоторудных проявлений Осинное и Березовое.

Из геологических данных следует, что в пределах Муякан-Самокутской зоны разломов на протерозойском этапе развития территории на месте Саку-Самокутского массива внедрялись инъективы раннепротерозойского возраста, отмечаемые в магнитном поле узкими зонами линейных аномалий (ΔT)_a положительного знака северо-восточного простирания. Эти инъекции по составу отвечают, предположительно, габбро-амфиболитам янгудского комплекса (vPR_{1ja}) и располагаются по периферии массива. Породы комплекса образуют серии линейных пластовых и секущих жилообразных тел мощностью от первых до 15–20 м с резкими прямолинейными контактами.

Зоны пониженных (отрицательных) значений магнитного поля, субпараллельные положительным аномалиям поля (ΔT)_a северо-восточного простирания, обусловлены внедрением интрузий гранитов нижнепротерозойского илеирского комплекса (γPR_i). Они представлены пластовыми телами мощностью от нескольких сотен метров до 2–7 км с нечеткими границами, согласными с общим простиранием вмещающих пород. Сближенные тела иногда образуют прерывистые полосы шириной до 5 км. Илеирский комплекс в центральных частях тел сложен гранитами и лейкогранитами.

В пределах Саку-Самокутского массива дуговым и изометрическим положительным магнитным полям $\Delta T_{\text{ост}}$ шириной от первых до 5–7 км отвечают локальные плутоногенные структуры. Интенсивные магнитные аномалии картируют интрузии габброидов палеозойского бирамьинского комплекса (vOb), которые прорывают нижнепротерозойские терригенно-карбонатные отложения илеирской и люнкутской свит и частично протерозойские инъективы. Это послужило начальным этапом формирования плутоногенных структур. В пределах массива бирамьинский комплекс представлен штоками, дайками и пластовыми телами. Наблюдаются как линейно вытянутые в северо-западном или северо-восточном направлении тела шириной от 0,6 км и длиной до 2 км, так и близкие к изометрическим с поперечником до 2 км.

Центральные части изометрических локальных структур характеризуются пониженными или отрицательными значениями магнитного поля. Это говорит о том, что интрузии габброидов бирамьинского комплекса на следующем этапе развития прорываются гранитами конкудеро-мамаканского комплекса ($\gamma-\gamma\delta_2 Ckm$), которые прослежены геологическими работами в пределах массива.

Таким образом, в границах Саку-Самокутского массива в период протерозойско-палеозойской интрузивной деятельности сформировался комплекс локальных изометрических структур — плутоногенов. Образование их происходило, по-видимому, поэтапно. На стадии внедрения габброидов бирамьинского комплекса возникли плутоногены, имеющие наиболее крупные размеры в поперечнике. В дальнейшем внутри и по периферии структур образовывались объекты меньшего размера. Насыщенность куполов инъективами кислого состава конкудеро-мамаканского комплекса неравномерная.

Наличие сохранившихся четких контактов габброидов с гранитоидами, зон разрывов северо-западной ориентировки, а также проработка куполов инъекциями гранитоидов при определенной сохранности вмещающих терригенно-карбонатных

толщ — все это способствовало образованию золоторудных проявлений в границах Саку-Самокутского массива.

В пределах плутоногенов достаточно интенсивно проявлена разрывная тектоника, наличествуют разрывы северо-восточной, северо-западной и радиальной систем трещиноватости.

Известные рудопроявления Осиновое и Березовое формируются в пределах плутоногенных интрузивных структур габбро-гранит-граносиенитовой формации.

В качестве рудоносных и рудовмещающих геологических формаций выступают нижнепротерозойские известково-кремнисто-терригенные отложения люнкутской и илеирской свит. В зонах их контакта с интрузивами развиты процессы орогования, калишпатизации, рассланцевания, березитизации.

Рудообразующую роль играют раннеорогенная габбро-гранодиорит-плагиогранитная и гранодиорит-гранитная формации.

Рудогенерирующими являются различные граниты конкудеро-мамаканского комплекса, представленные гранодиоритами, биотитовыми гранитами, лейкогранитами. Внутри плутоногенов наземными работами вскрыты мелкие дайки «пестрого» состава. В гранитах среднее содержание Au 0,007 г/т.

Абсолютный возраст оруденения, определенный радиоуглеродным методом по околорудным метасоматам Кедровского рудного поля, 282 ± 5 млн. лет (Левицкий, 1983 г.), что соответствует возрасту гранитов конкудеро-мамаканского комплекса.

Таким образом, интрузивный магматизм играл и играет существенную роль в зарождении и развитии рудогенерирующих термофлюидных систем. Золотое оруденение генетически связано с гидротермальной деятельностью в пределах габбро-гранитоидных инъективно-купольных структур. Золоторудные узлы локализуются в надынрузивных зонах, в пределах которых широко развиты дайковые образования.

Основные рудовмещающие структуры — взбросо-сдвиги, участки пересечения ортогональных разрывов, зоны контактов интрузивных образований различного состава.

Рудопроявление Осиновое расположено в пределах Самокут-Каменской перспективной площади на левом берегу руч. Осиновый (правый приток р. Самокут), рудопроявление Березовое — в бассейне одноименного ручья.

Предыдущими геологическими работами (1968–2007 гг.) на участке Осиновый выявлено более 20 минерализованных зон протяженностью от 2–3 до 5–8 км при мощности от 3–5 до 15–20 м.

Расстояние между зонами 50–100 м. Они сгруппированы в шесть основных серий — Перспективная, Осиновая, Гранитовая, Промежуточная, Лагерная и Перевальная.

В результате проведенных работ в бассейне руч. Березовый выявлено пять зон метасоматически измененных пород с признаками золотоносности.

Рудные зоны сложены березитами и березитизированными гнейсами убого сульфидизированными и окварцованными. Окварцевание мелкопрожилковое линейного, реже сетчатого типа с насыщенностью кварцем до 10%. Мощность прожилков колеблется от нескольких миллиметров до 0,2–0,4 м. По простиранию прожилки, как правило, не прослеживаются. Участки зон с интенсивным окварцеванием имеют мощность 1–3 м и располагаются обычно в приосевой части разрывных нарушений. Распределение кварцевых прожилков, сульфидной минерализации и золота крайне неравномерное «бонанцевое».

Кварцевые жилы с сульфидами и золотом сопровождаются калишпатизацией, альбитизацией и серицитизацией. Все эти процессы характеризуются «привнесом» К, реже U и отмечаются повышенными и аномально высокими значениями данных элементов. В пределах известных золоторудных проявлений и вновь выделенных перспективных участков содержание К > 8–10%.

Для определения границ местоположения перспективных участков были построены и использованы различные трансформанты карт естественных радиоактивных элементов.

Участки интенсивного развития процессов метасоматоза, березитизации, калишпатизации, серицитизации, сульфидизации и кварцевых жил с известными и предполагаемыми проявлениями коренного золота прослеживаются во внутренних границах и по обрамлению плутоногенных объектов Саку-Самокутского массива, на контакте с интрузивами бирамьинского комплекса. Они отмечаются аномально высоким содержанием К и, по-видимому, достаточно хорошо обнажены с незначительной мощностью (первые метры) перекрывающих делювиальных отложений. К ним относятся преимущественно западные и северные части плутоногенных структур, характеризующиеся высокой интенсивностью магнитных аномалий, т.е. приближением магнитообразующих объектов к дневной поверхности. Восточные и юго-восточные части плутоногенов частично срезаны и смыты водными потоками с образованием V-образных речных долин, частично перекрыты делювиальными и коллювиальными отложениями, мощность которых по данным геологических исследований составляет 5 м и более.

Крупные реки Самокут и Саку в пределах площади работ на новейших этапах геологического развития размывали поднятый блок — Саку-Самокутский массив с многочисленными коренными проявлениями золота, что послужило образованию в их нижнем течении богатых золотоносных россыпей.

В пределах Саку-Самокутского массива выделено три новых и уточнены границы Осинового и Березового участков. Всего на территории работ на поиски коренного золота предложено девять перспективных площадей.

Полученные материалы комплексной аэрогеофизической съемки, обработка данных по новым

программам и интерпретация материалов с учетом результатов предшествующих геологических исследований позволили по-новому оценить возможности аэрогеофизических работ при изучении и картировании купольных интрузивных структур и связанных с ними проявлений коренного золота.

Проведение детальных комплексных аэрогеофизических съемок по информативности, мобильности, экологической безопасности и дешевизне — наиболее привлекательный и в настоящее время безальтернативный способ создания геофизических основ, а также метод непосредственного поиска рудных и нерудных полезных ископаемых.

УДК 553.491:550.8 (470.22)

© А.С.Монтин, 2009

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ НА УЧАСТКЕ НАДЕЖДА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛУККУЛАЙСВААРА

А.С.Монтин (Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова)

Произведена оптимизация разведочной сети на участке Надежда месторождения Луккулайсваара с применением аналитических и геостатистических методов. Для каждого блока участка вычислены относительные погрешности средних содержаний условного Pd. По содержаниям Pd_{усл} построены вариограммы, на основании которых определены зоны влияния скважин. Оценена оптимальная плотность разведочной сети.

Для большинства полезных ископаемых отношение месторождений к той или иной группе регулируются методическими рекомендациями по применению классификации запасов полезных ископаемых [3]. Однако для рудных месторождений металлов платиновой группы (МПГ) такой регламентирующий документ отсутствует, так как до недавнего времени их коренные месторождения на территории СССР и затем России не разведывались.

На территории Карелии за последние годы выделен ряд месторождений и рудопроявлений МПГ, что позволило считать ее новой перспективной платиноносной провинцией на северо-западе России. Наиболее перспективно в настоящее время платинометальное оруденение малосульфидного типа в расслоенных интрузиях. К таким объектам, в частности, относится Луккулайсваарское платинометальное месторождение в Лоухском районе (рис. 1) [1].

В результате детальных геологоразведочных работ выяснились достаточно четкие закономерности размещения платинометального оруденения в пределах конкретных площадей, которые показали, что разведочную сеть необходимо устанавливать применительно к каждому конкретному случаю.

На территории массива в 2002–2008 гг. ЗАО «НОРИТ» проведены геологоразведочные работы в целях выявления и последующего детального изучения платинометальных горизонтов. В числе многих был детально изучен участок Надежда (рис. 2). Особенности платинометальных горизонтов в пределах участка характерны для всего рудопроявления Луккулайсваара.

Платинометальная минерализация контролируется силлоподобным пластообразным телом микрогаббро-норитов [2], которое отчетливо дифференцировано на микрогаббро-нориты и анортозиты, отличающиеся выдержанностью по простиранию и пет-

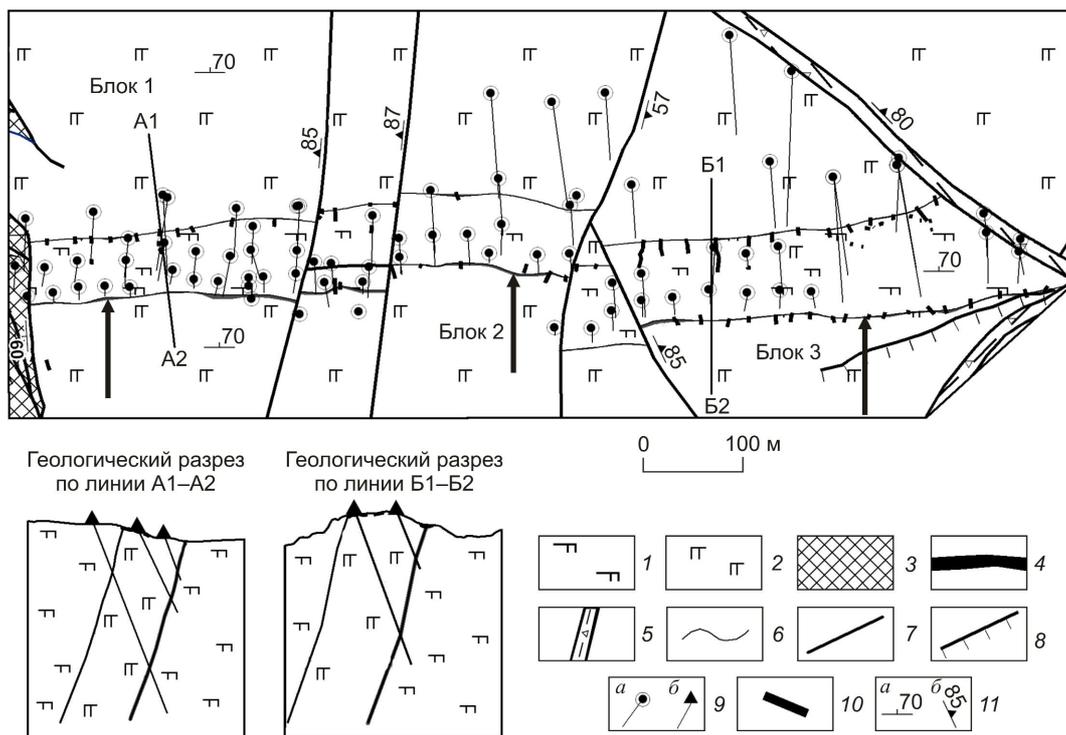


Рис. 2. Схематическая геологическая карта и разрезы участка Надежда:

1 — микрогаббро-нориты; 2 — габбро-нориты; 3 — долериты; 4 — рудные тела; 5 — зоны дробления; 6 — геологические границы; 7 — крутопадающие разломы; 8 — надвиги; 9 — скважины и их направление бурения (а — на карте, б — на разрезе); 10 — каналы; 11 — элементы залегания (а — литологических разностей, б — разрывных нарушений)

считаны статистические параметры, коэффициенты сложности геологического строения и рудоносности для бортовых содержаний $Pd_{\text{усл}}$ 2,7, 3,7 и 4,7 г/т.

Коэффициент сложности геологического строения определялся как отношение числа скважин, пересекших рудное тело, к общему числу скважин в пределах участка, коэффициент рудоносности — как отношение суммы длин рудных интервалов к

суммарной длине пересечений рудной зоны, включая рудные и безрудные прослои. Расчет коэффициента вариации рассмотрен ниже. Полученные значения коэффициентов, определяющих сложность геологического строения, отвечают значениям месторождений второй группы (табл. 1). Несмотря на выдержанные по простиранию и падению мощности рудных тел и содержания полезных компонентов в них, сложное строение разведываемых участков обуславливает применение

плотности разведочной сети, обеспечивающей надежное выделение геологических блоков.

Характерная особенность пластообразных платинометалльных рудных тел «рифового» типа — отсутствие ярко выраженной зональности и близкая изменчивость параметров руд как по падению, так и по простиранию в пределах всего платинометалльного гори-

1. Параметры для определения группы сложности месторождения на участке Надежда

Расчетные параметры	Бортовое содержание $Pd_{\text{усл}}$, г/т			II группа
	2,7	3,7	4,7	
Коэффициент рудоносности	0,89	0,91	0,77	0,7–0,9
Коэффициент сложности геологического строения	0,79	0,79	0,79	0,6–0,8
Коэффициент вариации мощности рудного тела	75,9	88,5	81,5	40–100%
Коэффициент вариации содержания $Pd_{\text{усл}}$	59,4	51,7	48,7	40–100%

зонта, т.е. коэффициент анизотропии близок к 1. Это указывает на целесообразность применения квадратной разведочной сети.

На стадии оценки Луккулайсварского месторождения, учитывая особенности месторождений-аналогов и индивидуальные особенности геологического строения, была принята квадратная сеть с ячейкой 80 м для запасов категории C_1 со сгущением на отдельных участках до 40 м.

На основании полученных при геологоразведочных работах аналитических данных можно вычислить относительные погрешности средних содержаний $Pd_{\text{усл}}$ для каждого из блоков, решив обратную математическому методу задачу. Расчет производился для трех тектонически разобщенных блоков участка Надежда.

Относительная погрешность среднего ($\delta_{\text{отн}}$) вычисляется по формуле:

$$\delta_{\text{отн}} = t_{\alpha} \cdot V / \sqrt{N},$$

где t_{α} — значение стандартного нормального распределения для доверительной вероятности α ; V — коэффициент вариации; N — число необходимых рудных пересечений, отвечающих заданным коэффициенту вариации и погрешности среднего при выбранной доверительной вероятности α .

Пусть доверительная вероятность будет равна 95%, тогда значение стандартного нормального распределения равно для блока 1 — 2,093, блока 2 — 2,131, блока 3 — 2,042.

$V = 100 \cdot S / x_{\text{средн}}$, где S — среднеквадратическое отклонение; $x_{\text{средн}}$ — среднее содержание $Pd_{\text{усл}}$.

$S = \sqrt{\sigma}$, где σ — дисперсия среднего.

Вычисленные по описанным выше формулам статистические параметры, необходимые для расчета относительных погрешностей средних содержаний $Pd_{\text{усл}}$ для каждого из блоков, приведены в табл. 2.

Чтобы проследить снижение достоверности определения средних содержаний по блоку, были рассчитаны относительные погрешности средних

2. Статистические параметры блоков

Параметры	Блок 1	Блок 2	Блок 3
N	19	15	30
$x_{\text{средн}}$	7,40	8,93	7,89
σ	8,52	16,77	16,19
S	2,92	4,10	4,02
V	39,43	45,84	51,03
t_{α}	2,093	2,131	2,042

содержаний $Pd_{\text{усл}}$ для каждого из блоков при густоте разведочной сети 20×20, 40×40, 80×80, 120×120 и 160×160 м (табл. 3).

Число необходимых рудных пересечений было рассчитано по формуле:

$$N = P / l^2,$$

где P — площадь рудного тела в пределах блока; l — расстояние между пробами, а l^2 , соответственно, — площадь элементарной ячейки разведочной сети.

Вычисленные погрешности средних для разведочных сетей с размерами ячейки 20×20, 40×40, 80×80 и 120×120 м удовлетворяют достоверности запасов категории C_1 [5].

Кроме того, по окончании геологоразведочных работ на изучаемом участке к полученным данным был применен геостатистический анализ (или вариография), в результате чего оценена оптимальная плотность разведочной сети.

Вариограммы построены для трех тектонически разобщенных блоков участка Надежда по Pt, Pd, Au, Cu, Ni, S. Кривые вариограмм позволили определить ряд важных параметров — порог, зону влияния и эффект самородков (табл. 4). Вариограммы, рассчитанные по блокам 1 и 2, демонстрируют «ступенчатый» характер кривых, что обусловлено малым объемом наблюдений. Судя по моделям вариограмм, зоны влияния скважин в пределах блоков 1 и 2 составляют 48–49 м. Кривая вариограммы блока 3 демонстрирует достаточно однородное распределение полезных компонентов, а зоны влияния скважин составляют 141 м.

3. Относительные погрешности определения средних содержаний $Pd_{\text{усл}}$

Размер стороны разведочной ячейки, м	Блок 1			Блок 2			Блок 3		
	$P, \text{ м}^2$	N	$\delta_{\text{отн}}$	$P, \text{ м}^2$	N	$\delta_{\text{отн}}$	$P, \text{ м}^2$	N	$\delta_{\text{отн}}$
20	42 631	107	8	40 214	101	10	78 940	197	7
40	То же	27	16	То же	25	19	То же	49	15
80	«	7	32	«	6	39	«	12	30
120	«	3	48	«	3	58	«	5	45
160	«	2	64	«	2	78	«	3	59

4. Параметры всенаправленных вариограмм участка Надежда по $Pd_{\text{усл}}$

Блоки	Эффект самородков, $(г/т)^2$	Порог, $(г/т)^2$	Зона влияния, м
1	0	29,6	48
2	0	12,3	49
3	3,3	4,4	141

Приведенные данные показывают, что следует учитывать значения зон влияния скважин в пределах блоков при определении оптимальных параметров разведочной сети. На основании геостатистического анализа можно рекомендовать квадратную разведочную сеть с величиной ячейки 100–120 м со сгущением на отдельных участках до 50–60 м.

В целом приведенные расчеты с использованием аналитических и геостатистических методов показывают достаточно сходные результаты, на основании которых можно заключить, что для дальнейшей разведки Луккулайсваарского месторождения до категории C_1 целесообразно использовать квадратную разведочную сеть с ячейкой 100–120 м со сгущением на отдельных участках до 50–60 м.

Эта более редкая сеть по сравнению с выбранной на этапе оценки позволит в значительной степени минимизировать затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев А.И. Комплексные платинометалльные месторождения Карелии и перспективы их освоения // Тр. Карельского научного центра РАН. Петрозаводск, 2006. Вып. 9. С. 36–49.
2. Казанов О.В., Булдаков И.В. К проблеме генезиса платиноносных микрогабброидов массива Луккулайсваара (Северная Карелия) // Вестн. С-Петербургского университета. 1997. Сер. 7. Вып. 4. № 28.
3. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ГКЗ РФ, 2007.
4. Платинометалльная минерализация в габброноритах массива Вуручайвенч, Мончегорский плутон (Кольский полуостров) / Т.Л.Гроховская, Г.Ф.Бакаев, Е.П.Шелепина и др. // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 2. С. 146–160.
5. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых / В.И.Смирнов, А.П.Прокофьев, В.М.Борзунов и др. – М.: ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ, 1960.

УДК 553.411:550.84.092

© В.Б.Чекваидзе, С.А.Миляев, 2009

ЭНДОГЕННЫЕ ОРЕОЛЫ СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.Б.Чекваидзе, С.А.Миляев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Рассматриваются особенности состава и зонального распределения сидерофильных элементов (Co, Ni, Mn, V и др.) в первичных ореолах золоторудных месторождений различных формационных типов. Определена важная роль дорудных метасоматических изменений и стадийности гидротермального процесса в смене отрицательных аномалий положительными. Намечены критерии прогноза скрытого оруденения.

Элементы сидерофильной группы (Ni, Co, Mn, V, Cr, Ti) издавна привлекают внимание исследователей своеобразием поведения в контурах аномальных геохимических полей [8]. Неоднократно отмечались зоны выноса этих элементов в центральных частях месторождений золота и полиметаллов с переотложением на периферии рудоносных структур и в надрудных областях [1, 2, 3]. Высказывалось также мнение о количественной зависимости объемов руд

и вытесненных ими масс сидерофильных элементов. Был разработан коэффициент интенсивности оруденения [4, 7], в числителе которого — привносимые рудогенные элементы, в знаменателе — сидерофильные составляющие ореолов. По замыслу авторов данный коэффициент может использоваться для прогноза масштаба ожидаемого оруденения.

Другой особенностью элементов рассматриваемой группы является тяготение к нижнерудным и

подрудным зонам ореолов, что определило их включение в коэффициенты зональности [4], служащие для оценки уровня эрозионного среза рудоносных структур. Наконец, отметим заметные отличия набора рассматриваемых элементов на разнотипных месторождениях и определенные связи их распределения в аномальных полях с характером околорудных изменений рудовмещающих пород.

Успешное решение задачи изучения эндогенных ореолов, в том числе сидерофильных элементов, во многом определяется надежностью полевых и лабораторных исследований. Нами на золоторудных объектах проводился отбор проб из дубликатов геологоразведочных проб и керн разведочных скважин, подземных горных выработок и канав. На каждом месторождении выбирались наиболее представительные геологические разрезы, хорошо вскрытые бурением и детально опробованные. Отбор пунктирной пробы из вмещающих не измененных пород осуществлялся в интервале 5–10 м, а в пределах рудной зоны и гидротермально измененных пород — 1–2 м. Пробы составлялись из 8–10 отбираемых через равные интервалы опробования сколков породы, которые объединялись в одну пробу массой 200–250 г. Из дубликатов геологоразведочных проб отбирались навески около 50 г.

При изучении эндогенных ореолов опробование коренных пород на поверхности по возможности было равномерным. Общая ориентация профилей — вкрест простирания рудолокализирующих структур. Штуфное опробование проводилось по полотну канав с шагом 20 м в пределах фоновых участков со сгущением вблизи рудных интервалов до 5–10 м. В случае отсутствия на профиле канав опробовались скальные выходы или коренные породы из неглубоких шурфов с шагом 25–50 м. Ошибка съемки по результатам контрольно-повторного опробования не оценивалась.

Эмиссионный спектральный анализ проб проводился в лабораториях Северо-Восточного производственного геологического объединения (г. Магадан) и Александровской опытно-методической экспедиции (г. Александров) со средней относительной погрешностью $1,2 \pm 1$ – $1,5 \pm 1$. Поскольку пробы по каждому объекту анализировались с докларковой чувствительностью в одной лаборатории, имеющиеся данные можно считать сопоставимыми.

Обратимся к рассмотрению особенностей поведения сидерофильных элементов на золоторудных объектах ведущих формационных типов [5].

Золото-полисульфидная формация рассмотрена по объектам Васильковского рудного поля в Северном Казахстане — собственно Васильковскому месторождению, участкам Промежуточный, Даль-

ний, Шункурколь и др. Построенная на их основе модель (рис. 1) характеризует распределение геохимических ореолов и метасоматитов в околорудном пространстве. Эталонное месторождение данного типа представляет собой золотоносный кварц-арсенипиритовый штокверк, приуроченный к тектонически осложненному контакту раннепалеозойских интрузий гранодиоритов и габбро-диоритов.

На среднерудном уровне (соответствующем современному эрозионному срезу) в распределении Co и V устанавливается зона (шириной около 400 м) пониженных содержаний, сменяющихся на периферии ореолами повышенных. В поперечном сечении (см. рис. 1) такое распределение отражает «двугорбая» кривая, сменяющаяся в надрудном и подрудном уровнях общим увеличением содержаний указанных двух элементов. При этом в первом случае кривые распределения сидерофильных элементов имеют пологую форму и охватывают относительно широкую часть околорудного пространства, во втором — форму узких сближенных «пиков», в целом повторяющих кривые распределения золота.

Метасоматическая зональность на месторождении проявляется в виде дифференциации дорудных метасоматитов формации березитов по латерали и вертикали (см. рис. 1). Выделяются три латеральные зоны — внешняя, промежуточная и центральная. Они характеризуют последовательное замещение темноцветных минералов и полевых шпатов исходных пород кварцем и серицитом (с примесью карбоната) вплоть до образования типичных березитов [9]. Химизм этого процесса определяется выносом из пород Na, Mg, Fe на фоне привноса K, Si, S. Выносимые компоненты переотлагаются в области верхнего выклинивания растворопроводящих структур, образуя две зоны осаждения — нижнюю хлоритовую и верхнюю хлорит-альбитовую.

При сопоставлении проявлений геохимической и метасоматической зональности (см. рис. 1) видно, что зона ореола минимальных и максимальных значений Co и V на среднерудном уровне близко соответствует центральной зоне ореола березитизации. Последнее может интерпретироваться как вынос сидерофильных элементов из указанной зоны с их переотложением на границах области максимального кислотного выщелачивания [6]. Надрудные положительные аномалии Co и V, сопоставимые по ширине с центральной зоной березитов, также могут рассматриваться в качестве продуктов переотложения сидерофильных элементов, выщелоченных на нижележащих уровнях.

Иная картина наблюдается на подрудных горизонтах. Здесь распределение локальных «пиковых» содержаний Co и V по конфигурации сопоставимо

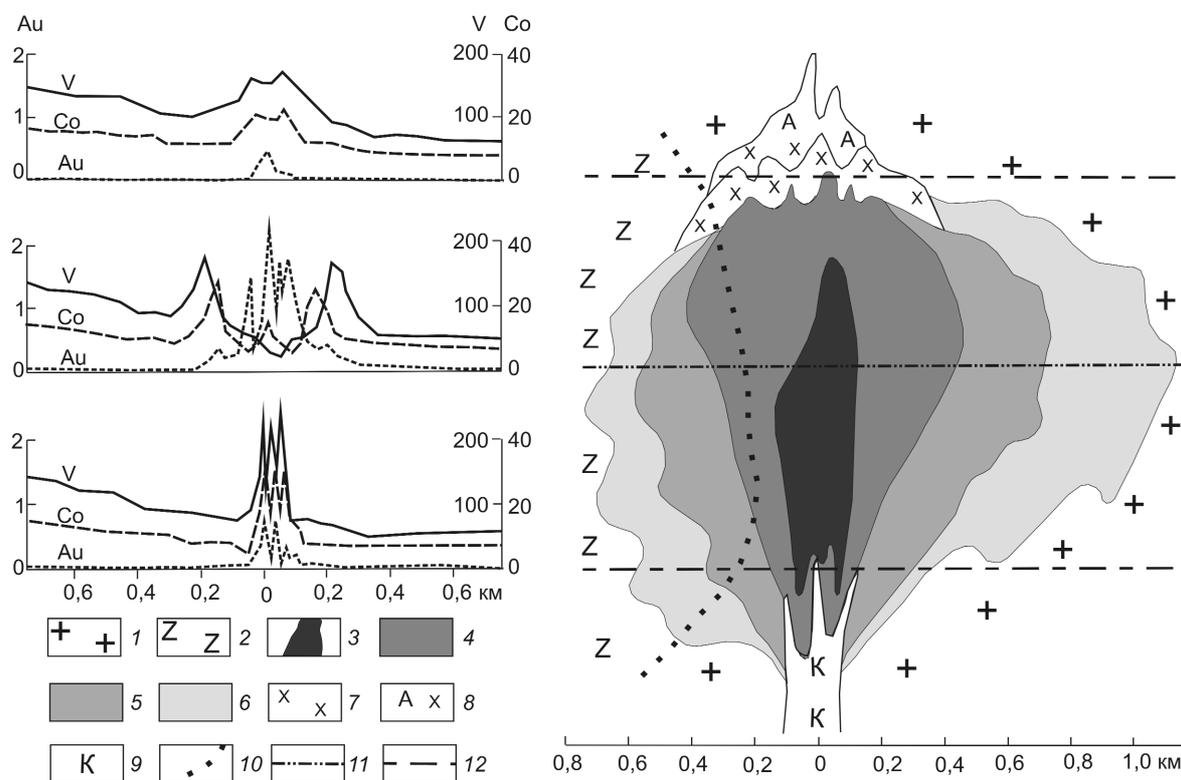


Рис. 1. Содержания V, Co и Au на различных уровнях эталонного Васильковского месторождения, г/т:

1 — гранодиориты; 2 — габбро-диориты; 3 — рудная залежь; зоны березитов: 4 — центральная, 5 — промежуточная, 6 — внешняя; надрудные зоны осаждения: 7 — хлоритовая, 8 — хлорит-альбитовая; 9 — нижнерудно-подрудная зона калишпатизации; 10 — контакт интрузий различного состава; 11 — современный эрозионный срез; 12 — уровни по вертикали

с кривыми распределения содержаний Au, и в условиях затухания процесса березитизации на глубине вряд ли обусловлено переотложением этих элементов в направлении, обратном инфильтрации гидротерм. Более уместно связать отмеченные положительные аномалии с синрудным процессом и рассматривать их как более поздние образования, сопутствующие отложению рудогенных элементов с тенденцией к накоплению на нижних горизонтах рудоносных структур. Подтверждением служат значения парных коэффициентов корреляции (r_{xy}) между содержаниями сидерофильных элементов и золотом (таблица).

Для подрудных горизонтов наблюдается положительная связь между группой сидерофильных элементов и золотом, для пары Au–Co — значимая (на 5%-ном уровне) корреляционная связь. Среднерудный уровень, напротив, характеризуется отрицательной корреляцией Au с сидерофильными элементами при значимой связи между Au и V. Надрудным уровням свойственны положительные незначимые коэффициенты корреляции Au с Co, V, Mn. Отметим, что для всех уровней Васильковского месторождения между содержаниями Co, V, Mn отмечаются только положительные (значимые и незначимые) корреляционные связи.

Парные коэффициенты корреляции для различных уровней Васильковского месторождения

Уровни оруденения	Число проб	Критические значения r_{xy} для 5%-ного уровня значимости	Au–Co	Au–V	Au–Mn	Co–V	Co–Mn	V–Mn
Надрудно-верхнерудный	18	$\pm 0,47$	0,11	0,15	0,12	0,51	0,44	0,23
Среднерудный	52	$\pm 0,27$	-0,18	-0,37	-0,15	0,16	0,32	0,15
Подрудно-нижнерудный	27	$\pm 0,38$	0,39	0,25	0,35	0,29	0,46	0,14

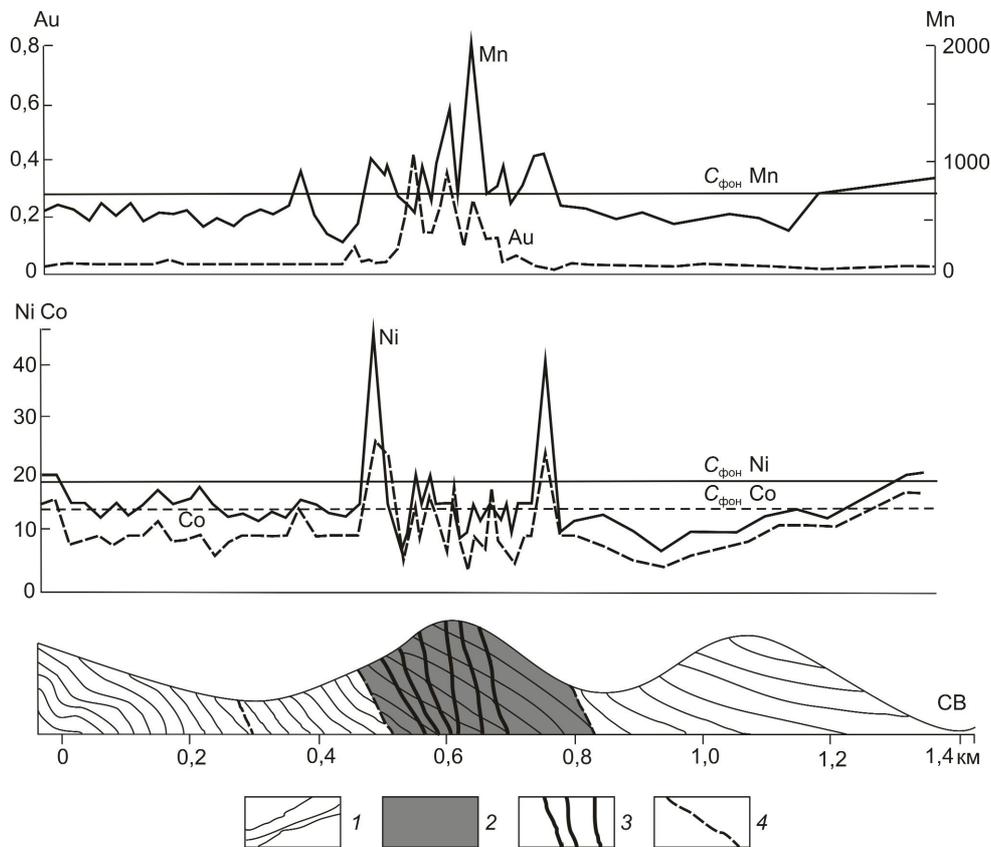


Рис. 2. Изменение содержаний Au, Mn, Ni, Co в профиле на северном фланге Наталкинского месторождения, г/т:

1 — углеродисто-туфо-терригенная толща, P₂; 2 — зона околорудных метасоматитов (березитоидов); 3 — рудные зоны; 4 — разрывные нарушения

Представителем золото-кварцевой формации является Наталкинское месторождение в Центрально-Колымском регионе. В его пределах серия субпараллельных жильных зон и тонкопрожилковых штокверков контролируется разломами в верхнепермской туфо-терригенной толще. Комплекс измененных пород представлен березитоидами, включающими в основном в разной степени серицитизированные, окварцованные и альбитизированные породы.

Распределение сидерофильных элементов в эндогенных ореолах весьма сходно с рассмотренным выше. Кобальт и никель выносятся из рудных зон с переотложением на периферии в лежащем и всiachем боках (рис. 2). Напротив, максимальные содержания Mn отражают положение рудных зон, в связи с чем Mn на этом уровне эрозионного среза можно рассматривать как элемент, привнесенный в процессе рудогенеза.

Примером объектов золото-мышьяковисто-сульфидной формации служит Бакырчикское рудное поле в Восточном Казахстане, где на участке

Дальний вскрыты рудовмещающие и надрудные уровни рудолокализирующей разломной структуры (рис. 3). Рудовмещающий уровень представлен прожилково-вкрапленными скоплениями золотоносных сульфидов (арсенопирита и пирита), обрамленными ореолом березитоидов существенно серицитового состава. В всiachем боку разлома в надрудном пространстве развиты широкие ореолы тонких прожилков хлорита и альбита, представляющих зоны переотложения оснований (Na, Mg, Fe), выщелоченных из пород на уровне березитизации. В геохимических полях на поверхности коренных пород этот процесс отражен положительными аномалиями Co, Ni, Cr (см. рис. 3). Содержания рудных элементов (Au, As и др.) при этом имеют близкие значения (см. рис. 3).

Типичный представитель вулканогенной золото-серебряной формации — Карамкенское месторождение (Охотско-Чукотский вулканогенный пояс), в строении которого доминируют верхнемеловые вулканы и субвулканические интрузии среднего и умеренно кислого составов. Золотонос-

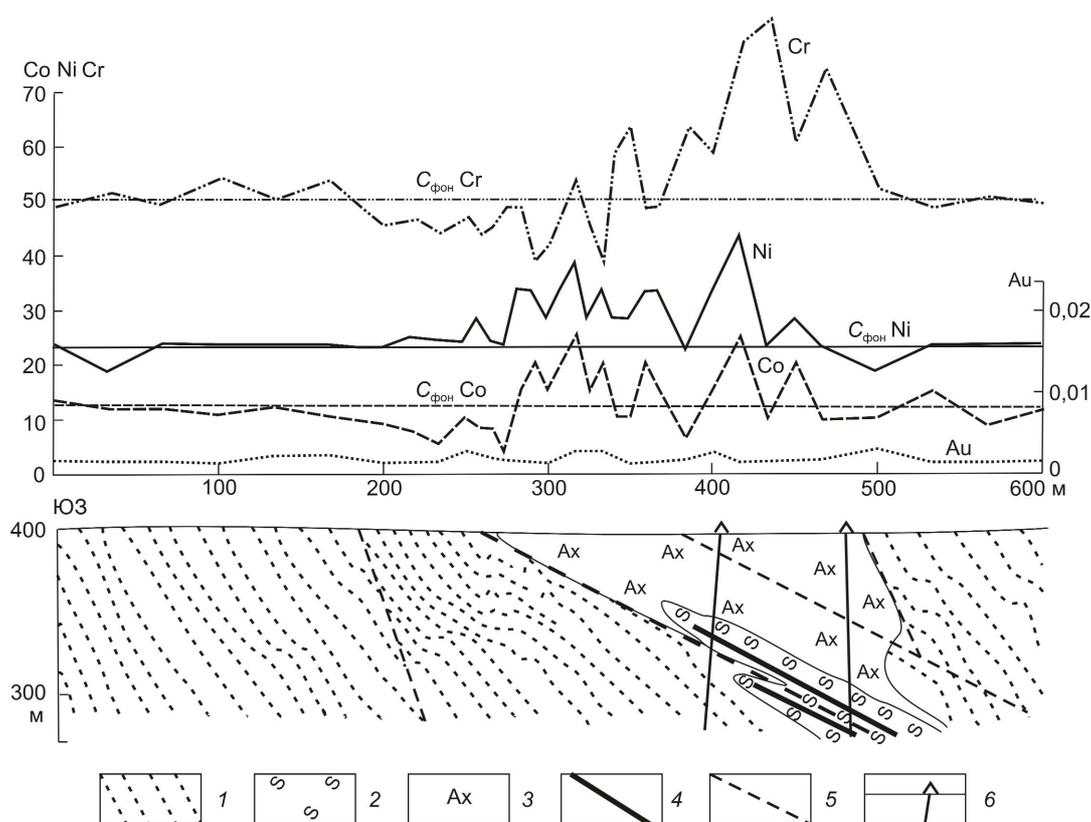


Рис. 3. Распределение содержаний сидерофильных элементов над слепыми рудными телами участка Дальний, г/т:

1 — углеродисто-песчано-сланцевая толща, C_1 ; 2 — серицитизация; 3 — пятнисто-прожилковая альбит-хлоритовая минерализация; 4 — рудные тела; 5 — тектонические нарушения; 6 — скважины

ные жилы на данном месторождении обрамляются дорудными адуляр-слюдисто-кварцевыми метасоматитами, переходящими по вертикали в сольфатарные опалолиты (с каолинитом) и кварциты (рис. 4). Все эти метасоматические продукты относятся к формации аргиллизитов. Они знаменуют резкое возрастание кислотности растворов при их приближении к дневной поверхности, что обуславливает вынос практически всех металлических компонентов пород за пределы области минералообразования.

Соответственно ведут себя и сидерофильные элементы, выносимые как на верхнерудном уровне (жила 3), так и в надрудном пространстве (над жилами Главная, 16, 22, 30). Подобное поведение наиболее ярко проявлено для Co, Ni, Mn, образующих отрицательные аномалии над рудоносными зонами.

Тенденция нарастающего выноса сидерофильных элементов с приближением к поверхности проявлена на Береговском месторождении в Закарпатье, относящемся к тому же формационному типу (рис. 5). Отрицательные аномалии Co и Mn заметно увеличиваются по площади и интенсивности

в направлении от глубин к верхним (в том числе надрудным) горизонтам на фоне отложения Au.

Резюмируя приведенные данные, акцентируем внимание на следующих положениях.

В группе сидерофильных элементов наиболее вариативны и информативны на золоторудных месторождениях Co, Ni, Mn, V, реже Cr и Ti.

На основном рудоносном уровне месторождений доминирует вынос сидерофильных элементов, причем ореол выноса совпадает с центральной зоной дорудных метасоматических изменений, сложенной на объектах большинства рудно-формационных типов березитами и интенсивно березитизированными породами. Переотложение выносимых компонентов осуществляется на границах зоны максимальных изменений по латерали, а также в надрудных пространствах. В последнем случае зоны переотложения сидерофильных элементов совпадают с зонами переотложения петрогенных компонентов (Na, Mg, Fe, иногда Ca), вынесенных из пород на уровне березитизации и представленных альбитовыми и хлоритовыми (иногда с карбонатами) метасоматическими новообразованиями [10].

Последнее из отмеченных положений относится к глубинным объектам (золото-полисульфидная, золото-кварцевая, золото-мышьяково-сульфидная формации). В близповерхностных субаэральных условиях (золото-серебряная формация) на всем вертикальном интервале развития оруденения и в надрудных пространствах проявляются вынос сидерофильных элементов и отсутствие зон их переотложения. Это обстоятельство находит объяснение в прогрессирующем окислении гидротерм и нарастании их кислотности под воздействием кислорода поверхности с последующим рассеянием выносимых элементов в поверхностных водах.

Тесная связь геохимической и метасоматической зональностей свидетельствует о главенствующей роли дорудных метасоматических изменений в процессах миграции сидерофильных элементов. В то же время, локальные положительные «всплески» их содержаний в центральных частях рудных зон (в тесной пространственной связи с золотом) могут быть обусловлены привносом на стадии рудообразования в составе металлоносных гидротерм. Отчетливая тенденция к накоплению синрудных сидерофильных элементов в тыловых зонах рудоносных структур соответствует их положению в универсальном ряду зональности отложения [4, 7] со всеми известными факторами дифференциации элементов внутри ряда.

Выявление двух стадий миграции сидерофильных элементов — дорудной и синрудной, в различной степени проявленных на разнотипных объектах, дает объяснение их «противоречивости» в процессе привноса-выноса, вследствие чего коэффициент интенсивности оруденения оказывается не эффективным и не находит сколько-нибудь заметного применения в практике геохимических поисков.

При поисках скрытого оруденения отрицательные аномалии сидерофильных элементов могут служить индикаторами рудокализирующих структур, особенно в сочетании с положительными ореолами рудогенных и сопутствующих элементов. На вулканогенных золото-серебряных месторождениях отрицательные аномалии рассматриваемых

элементов могут свидетельствовать о слепых рудных телах, скрытых на глубине.

Положительные аномалии сидерофильных элементов, с одной стороны, могут служить указателями близко расположенных (сотни метров) по латерали рудоносных зон метасоматитов, с другой — возможного залегания руд на глубине. В последнем случае ореолы сидерофильных элементов совмещаются с метасоматическими зонами осаждения петрогенных компонентов, выщелоченных из пород на уровне березитизации, что и позволяет более уверенно идентифицировать их как надрудные образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамсон Г.Я.* Индикаторная роль сидерофильных элементов для целей прогноза // Геохимические критерии прогноза и оценки рудных месторождений. М., 1985.
2. *Абрамсон Г.Я., Григорян С.В., Григоров С.А.* Результаты исследований геохимических ореолов на одном из золоторудных месторождений // Литохимические методы поисков эндогенных месторождений. М., 1980. С. 16–22.
3. *Гольдберг И.С., Абрамсон Г.Я., Лось В.Л.* Поиски рудных объектов на основе полярной зональности геохимических систем // Прикладная геохимия. М., 2002. Вып. 3. С. 305–324.
4. *Григорян С.В.* Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. — М.: Недра, 1987.
5. *Константинов М.М.* Золоторудные провинции мира. — М.: Научный мир, 2006.
6. *Метасоматизм и метасоматические породы* / В.А.Жариков, В.Л.Русинов, А.А.Маракушев и др. — М.: Научный мир, 1998.
7. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. — М.: Недра, 1990.
8. *Сауков А.А.* Геохимия. — М.: Наука, 1975.
9. *Чекваидзе В.Б.* Поисковая минералого-геохимическая модель золото-сульфидно-кварцевого оруденения // Советская геология. 1987. № 1. С. 121–126.
10. *Чекваидзе В.Б.* Вертикальная метасоматическая зональность березитов на золоторудных месторождениях // Отечественная геология. 2009. № 2. С. 42–46.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 55 (1/9):552.1/553.321.1:553.065

© А.И.Гусев, Н.И.Гусев, И.В.Ефимова, 2009

МАГМАТИЗМ И ОРУДЕНЕНИЕ КУМИРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ГОРНЫЙ АЛТАЙ

А.И.Гусев (Бийский педагогический государственный университет им. В.М.Шукшина), Н.И.Гусев (ВСЕГЕИ Роснедра Минприроды России), И.В.Ефимова (Бийский педагогический государственный университет им. В.М.Шукшина)

Получены новые данные по субвулканическим образованиям Кумирского штока и связанному с ним комплексному скандий-уран-редкоземельному оруденению. Последнее приурочено к мощным зонам метасоматитов, варьирующих по составу от фельдипатолитов до пропилитов. Выявлено трехстадийное формирование руд со снижением температур кристаллизации от 320 до 170°C. Оруденение в значительной степени обусловлено обилием и активностью летучих компонентов, среди которых ведущую роль играли фтор и бор. Предполагается более широкое распространение подобного оруденения в районах локализации железорудных месторождений (Коргон, Тимофеевское и др.).

Кумирское рудное поле расположено в пределах Холзунско-Чуйского тектонического блока и приурочено к наложенной Коргонской вулканоплутонической структуре. В последней вулканический разрез имеет трехчленное строение. Нижний член разреза кумирская серия включает ергольскую и кумирскую свиты. Ергольская свита (D_1) сложена пестроцветными лавами, туфами андезитов, андезитобазальтов, базальтов, редко андезитодацитов и дацитов. Значительно меньшие объемы занимают пирокласто-осадочные и вулканогенно-терригенные образования. Кумирская свита состоит из пестроцветных вулканомиктовых, полимиктовых, реже полевошпатово-кварцевых, участками известковистых песчаников, алевропесчаников, алевролитов, гравелитов, конгломератов, пелитоморфных темно-серых известняков. Обычны, хотя и встречаются не повсеместно, прослойки туфов и лав андезитов, андезитобазальтов, риодацитов и дацитов. Свита согласно залегает на образованиях ергольской свиты и также согласно перекрывается вулканогенно-осадочными отложениями коргонской свиты.

Кумирская свита (D_1) характеризуется значительной фациальной невыдержанностью слагающих ее литотипов как по площади, так и в разрезе,

значительными колебаниями мощности от 500 до 2800 м. Основные особенности ее строения сводятся к следующему: эффузивные и вулканокластические породы большей частью тяготеют к низам разреза; обломочные породы в нижней части разреза преимущественно вулканотерригенные и пирокласто-осадочные, в верхней — полимиктовые и олигоминеральные (полевошпатово-кварцевые, кварцево-полевошпатовые); отмечается общая тенденция уменьшения зернистости обломочных пород вверх по разрезу; в верхней части осадочные породы нередко известковистые, участками появляются пласты (до 20 м) пелитоморфных известняков.

В разрезах свиты в верховьях р. Топчуган найдены отпечатки флоры — *Psilophyton princeps* Daws., *Hostimella hostimensis* Pot. et Bern., по р. Мендой и в районе пос. Мендурсакон определены споры — *Leiotriletes pullatus* Naum., *L. plicatus* (Waltz) Naum., *L. nigratus* Naum., *Trachytriletes solidus* Naum., *Acanthotriletes spinellosus* Naum., *Ac. similis* Naum., *Retusotriletes translaticius* Tschibr., *R. simplex* Naum., *R. apsogus* Tschibr., *Stenozonotriletes coriaceus* Nadl., *Archaeozonotriletes* sp. и др. Учитывая флористический комплекс и положение свиты в разрезе, ее возраст определен как эмский уровня беловского и шандинского горизонтов раннего девона.

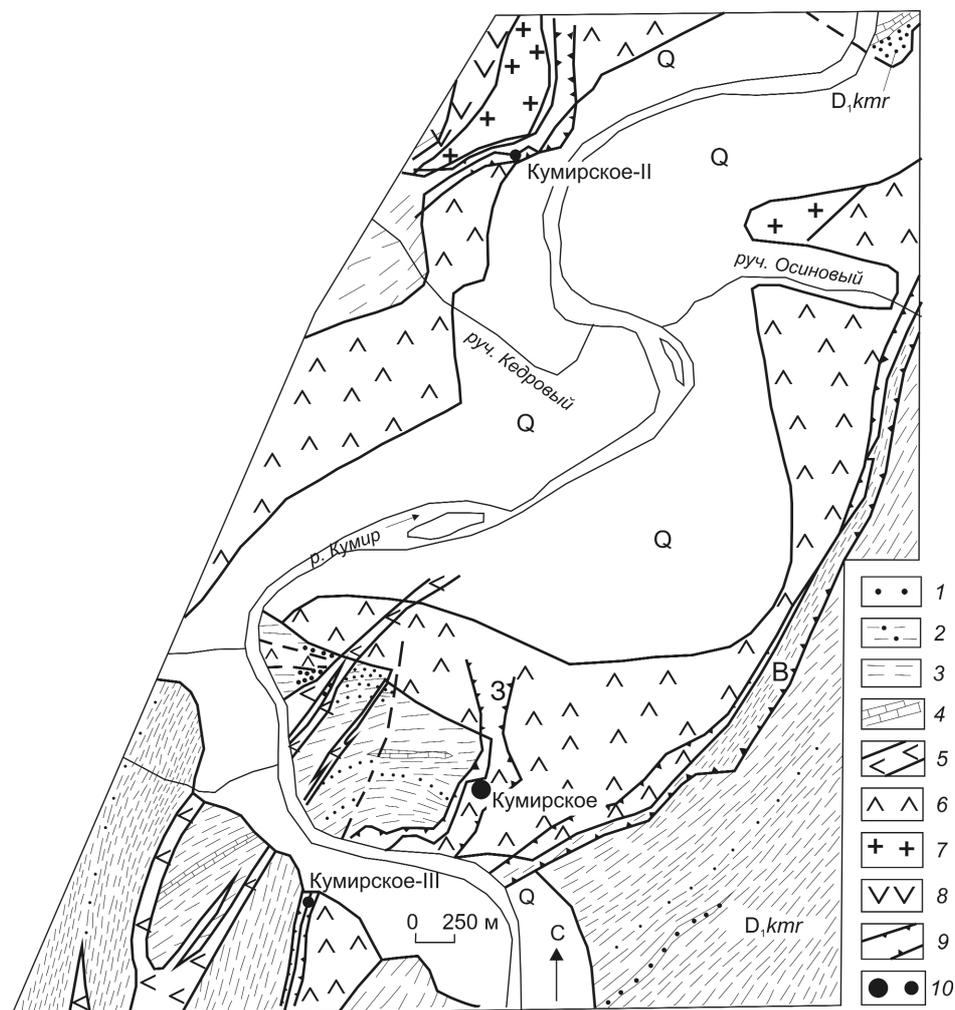


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кумирского рудного поля:

1 — песчаники, 2 — алевропесчаники, 3 — алевролиты, 4 — мраморы кумирской свиты; 5 — дайки фельзитов; породы Кумирского штока: 6 — субвулканические аляскит-порфиры, 7 — гранит-порфиры; 8 — андезитовые порфиристы; 9 — контуры рудных зон (З — Западная, В — Восточная); 10 — скандий-уран-редкоземельные месторождения и проявления

Верхним членом разреза Коргонской вулканоплутонической структуры является коргонская свита (D_{1-2}), представленная пестро окрашенными «сваренными» и спекшимися туфами и туфолавами дацитов, риодацитов и риолитов. Внутреннее строение свиты осложняется многочисленными телами вулканитов жерловой фации и субвулканическими телами (Коргонский шток и др.), с которыми связаны месторождения железооксидного медно-золоторудного класса (Холзунское, Коргонское и др.) [2, 3]. В составе кумирской свиты также отмечаются субвулканические штоки гранит-порфиров – аляскит-порфиров, с одним из которых связано уникальное по составу Кумирское скандий-уран-редкоземельное месторождение (рис. 1).

Субвулканический магматизм Кумирского рудного поля.

Интрузивные породы в рудном поле представлены субвулканическим штоком гранит-порфиров и аляскит-порфиров, сформировавшихся в две последовательные фазы. Площадь штока около 3 км², он вытянут в северо-восточном направлении и круто погружается в западном. Породы экзоконтакта ороговикованы, скарнированы, грейзенизированы, альбитизированы и биотитизированы, в эндоконтакте интенсивно альбитизированы.

Гранит-порфиры ранней фазы обнажены только в северной приконтактовой части штока в виде небольшого тела размером 50×200 м. Это светлосерые породы с едва заметным розоватым оттенком, массивные с редкими шлировыми скоплениями

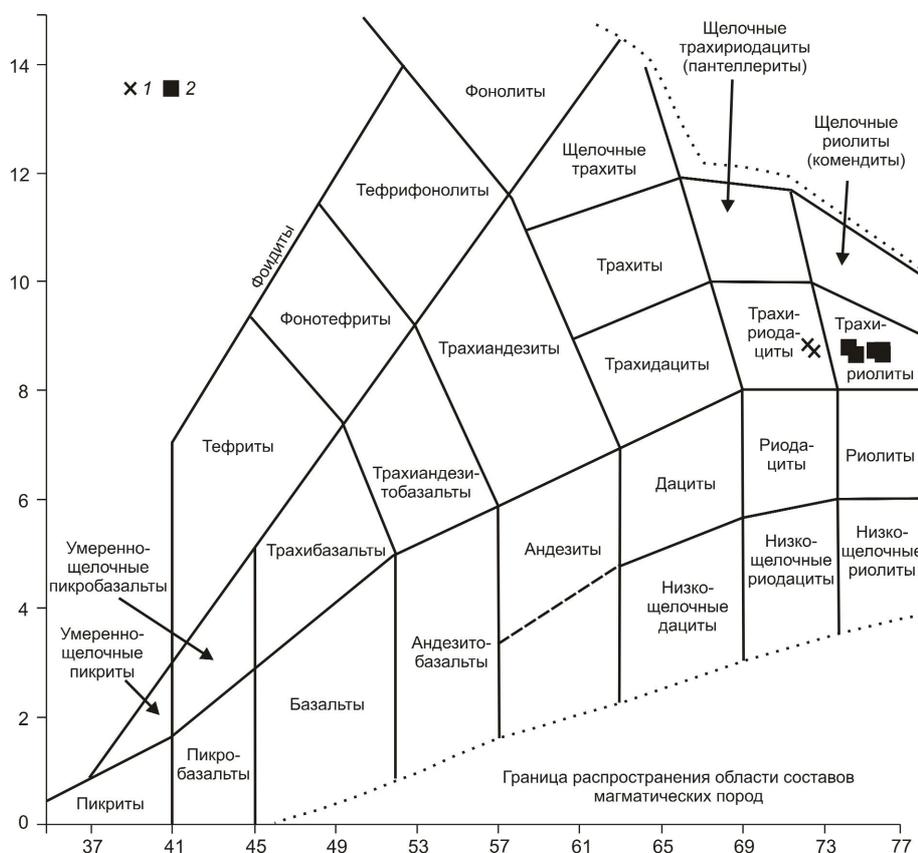


Рис. 2. Положение фигуративных точек химического состава пород Кумирского штока на TAS ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$)-диаграмме эффузивных аналогов горных пород:

1 — гранит-порфиры, 2 — аляскит-порфиры

ми эгирина и рибекита до 3 см в поперечнике. В их составе преобладает призматический полевой шпат (до 50%), в значительном количестве (до 30–35%) отмечается кварц. Характерен темноцветный амфибол, равномерно распределенный в породе с редкими гломеропорфировыми скоплениями. Его содержания варьируют от 3 до 5%. Амфибол представлен средними (до 0,5 см) удлиненно-призматическими кристаллами почти черного цвета с буровато-синим оттенком. По оптическим показателям относится к рибекиту с отчетливым плеохроизмом от желтого до темно-синего и фиолетового. Эгирин встречается почти так же часто, как и рибекит. Он образует зерна неправильной формы, чаще всего приуроченные к интерстициям кристаллов щелочного полевого шпата и кварца. Плеохроизм в зеленых и желто-зеленых оттенках. Спорадически отмечается астрофиллит. Характерна гипидиоморфнозернистая структура, местами переходящая в аллотриоморфнозернистую. Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом, редко пиритом.

На TAS-диаграмме составы гранит-порфиров Кумирского штока попадают в поле трахириодацитов (рис. 2).

По химизму гранит-порфиры относятся к умеренно щелочным породам с преобладанием К над Na. Для них характерны высокие концентрации Ba (до 970 г/т), Sr (до 340 г/т), сравнительно невысокие нормированные отношения La/Yb (табл. 1), что свидетельствует о слабой фракционированной модели редких земель. Отношения легких к средним редкоземельным элементам и U/Th также невысокие (см. табл. 1).

Щелочной аляскит-порфир второй фазы имеет светлую окраску с розоватым оттенком, характеризуется массивной текстурой и сложной структурой: в целом порфировой, а в цементирующей массе породы аплитовой. Аляскит-порфиры занимают основную часть штока. Лейкократовые минералы, составляющие 97% ее объема, представлены каликатровыми полевыми шпатами (альбит, ортоклаз-микрпертит, анортоклаз) 65%, кварцем 32%, образующими редкие идиоморфные порфировые вкраплен-

1. Содержания оксидов (мас. %) и микроэлементов (г/т) в субвулканических образованиях Кумирского штока

Оксиды, химические элементы	Гранит-порфир (458-10)	Гранит-порфир (458-13)	Аляскит-порфир (458-15)	Аляскит-порфир (2486)	Аляскит-порфир (3456)	Аляскит-порфир (3457)
SiO ₂	72,89	73,05	74,11	74,6	75,01	75,26
TiO ₂	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	12,48	12,57	14,46	14,5	14,41	14,37
Fe ₂ O ₃	0,53	0,32	0,48	0,52	0,49	0,46
FeO	0,46	0,28	0,41	0,46	0,45	0,41
MnO	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03
MgO	0,15	0,13	0,10	0,10	0,11	0,10
CaO	0,75	0,62	0,74	0,40	0,07	0,08
Na ₂ O	3,05	2,99	4,23	4,4	4,47	4,51
K ₂ O	5,94	5,9	4,37	4,07	4,10	4,15
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06
ППП	2,1	2,08	1,04	0,84	0,61	0,48
Сумма	98,47	98,06	100,03	100,00	99,76	99,98
V	8,6	8,5	8,0	7,3	4,5	4,3
Cr	21,1	21,2	16,5	18	16	15
Ba	876	970	255	90	78	123
Ni	5,6	5,7	4,8	2,1	2,1	2,0
Co	6,0	5,8	2,8	1,1	1,0	0,9
Cu	4,5	4,2	4,0	3,5	2,5	2,3
Zn	6,4	5,0	8,0	60,0	63	50
Pb	12,3	12,0	11,9	11,3	10,2	9,8
Sn	9,4	9,5	10,3	9,6	11,5	12,1
Sc	3,1	3,0	7,7	7,2	7,13	7,5
Sr	351	340	50	11,0	11,1	45
Zr	37,8	35,1	31,3	31,1	30,4	30,1
Nb	33,1	32,4	30,7	31,2	30,9	29,8
Y	30,5	30,3	30,2	30,1	29,9	30,0
Yb	3,3	2,7	2,0	3,5	1,10	2,6
U	3,7	3,5	8,4	8,2	5,18	3,7
Th	14,9	14,6	10,5	10,4	9,96	13,8
Li	2,3	2,0	4,0	48	71,6	72,3
W	2,2	2,1	1,8	2,02	1,98	2,0
Mo	0,66	0,62	0,55	0,6	0,51	0,65
Rb	184	179	211	378	398	401
Cs	33,5	33,0	28,6	32,6	21,3	34
La	11,6	11,5	12,8	12,3	12,0	11,6
Ce	27,7	28,7	30,7	21,1	20,9	28,8
Pr	6,9	6,8	6,3	6,2	5,5	6,7
Nd	13,7	13,8	14,7	14,8	14,1	13,9
Sm	6,2	6,3	6,9	6,8	6,7	6,2
Eu	0,2	0,03	0,4	0,3	0,27	0,02
Gd	5,3	5,5	8,2	8,3	8,1	5,6
Tb	2,3	2,2	1,8	1,9	2,0	2,3
Dy	2,6	2,7	5,2	5,3	5,1	2,8
Ho	0,5	0,7	1,8	1,9	2,0	0,5
Er	1,9	1,8	3,0	3,3	3,2	1,7
Tm	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4
Lu	0,09	0,10	0,11	0,11	0,13	0,09
Hf	2,9	2,8	3,1	3,2	3,3	2,7
Ta	1,6	1,4	3,0	4,8	4,5	1,3
La/Yb _N	2,32	2,82	4,22	2,32	7,48	2,94
La/Sm _N	1,15	1,12	1,13	1,1	1,09	1,14
Eu/Eu*	0,076	0,0012	0,0119	0,009	0,0082	0,0008
U/Th	0,25	0,24	0,80	0,79	0,52	0,27

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск); N — элементы нормированы по [5]. В скобках — номера проб.

**2. Отношения элементов и значения тетрадного эффекта в субвулканических породах
Кумирского штока**

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта	Гранит-порфир (458-10)	Гранит-порфир (458-13)	Аляскит-порфир (458-15)	Аляскит-порфир (2486)	Аляскит-порфир (3456)	Аляскит-порфир (3457)	Отношения элементов в хондрите
Y/Ho	61,0	43,3	16,8	15,8	14,9	60,0	29,0
Eu/Eu*	0,076	0,0012	0,0119	0,009	0,0082	0,0008	0,27
La/Lu	128,8	115,0	116,4	111,8	92,3	128,8	9,55
Zr/Hf	13,03	12,5	10,1	9,7	9,2	11,1	36,0
Sr/Eu	1755	11 333	125	36,7	41,1	2250	83,4
TE	1,59	1,46	1,16	1,03	1,01	1,60	-

Пр и м е ч а н и е. Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2. В скобках — номера проб.

ники, но преимущественно выполняющими цементирующую аплитовидную массу породы. Характерной особенностью аляскит-порфиров является частая встречаемость нодулей турмалина размером 0,5–1,5 см в поперечнике, а также гломеровидных скоплений фторбиотита размером до 0,5 см. Анализы эгирина и рибекита показали высокие концентрации в названных минералах F — от 0,1 до 1,5 %, что не характерно для пироксенов и амфиболов.

Дифрактометрия полевых шпатов аляскит-порфиров позволяет относить их к варьирующему ряду от Ab₄₅Or₅₅ до Ab₆₁Or₃₉. При этом в микропертитовых кристаллах отмечается несколько более высокая доля альбитовой фазы. Меланократовые минералы (идиоморфные зерна эгирина, рибекита и редко биотита) составляют 1–3% ее объема и имеют размеры, почти на порядок превышающие размеры зерен цементирующей массы породы. Вторичные минералы представлены серицитом (2%), развитым за счет фенокристаллов щелочных полевых шпатов и образующим неравномерно рассеянные скопления в кварц-полевошпатовой массе породы. Рудные минералы — лейкоксенизированный магнетит, акцессорные — апатит, лейкоксен.

На TAS (Na₂O+K₂O–SiO₂)-диаграмме эффузивных аналогов фигуративные точки химических составов пород расположены в области фигуративного поля горных пород семейства трахириолитов. По совокупности петрологических параметров порода лейкократовая, крайне высокоглиноземистая (Al⁺=13,71), принадлежит к плутоническим породам кислого состава щелочного ряда калинатовой серии, относится к семейству щелочных лейкогранитов, соответствует виду щелочной аляскит, разновидности щелочной аляскит-порфир эгирин-рибекитовый. В отличие от гранит-порфиров аляскит-порфиры характеризуются значительно меньшими концентрациями Ba (от 78 до 255 г/т), Sr (от 11 до

50 г/т), V, Ni, Co, Cr и более высокими — Sc, Zn, Li, Rb, Ta (см. табл. 1). Степень фракционирования редкоземельных элементов в них значительно выше (нормированные отношения La/Yb варьируют от 2,32 до 7,48).

Гранит-порфирам и аляскит-порфирам свойственно крайне неравномерное распределение многих элементов, особенно редкоземельных. Об этом свидетельствуют варьирующие значения тетрадного эффекта (TE) фракционирования РЗЭ, рассчитанные по В.Ирберу [6] (табл. 2).

Оценка величины тетрадного эффекта свидетельствует о варьировании его от незначимых значений (<1,1) до заметных (от 1,16 до 1,6). При этом значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ коррелируются с величинами отношений Y/Ho, La/Lu, Zr/Hf, Sr/Eu. Указанные отношения резко отличаются по своим значениям от таковых в хондритах (см. табл. 2).

Изотопно-геохронологическими исследованиями, выполненными в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ, для аляскит-порфира получена цифра 421±16 млн. лет, что отвечает лудлову (поздний силур). Эта изотопная датировка противоречит геологическому возрасту штока, который прорывает нижнедевонские отложения.

Оруденение Кумирского рудного поля. Оруденение скандия представлено гидротермально-метасоматическим типом среди пропилитов в пространственной связи с умеренно щелочными гранитоидами Кумирского штока, классифицируемыми анорогенным А-типом [1]. В эндо-эзоконтактной части штока сформировались Кумирское месторождение и проявления Кумирское-II, Спартак, Кумирское-III. Рудное поле локализовано на юго-восточном фланге Кумино-Кумирской вулканотектонической депрессии Коргонского прогиба и приурочено к тектонически нарушенным контактам Кумирско-

го штока, интрузирующего ниже-среднедевонскую вулканогенно-осадочную толщу [3].

Кумирское месторождение расположено в правом борту нижнего течения р. Кумир. Выявлено геологами ГПП «Березовгеология» в 1987–1988 гг. при проведении ревизионных работ. Строение месторождения определяется локализацией оруденения в тектонически нарушенных экзо- и эндоконтактах штока. Западный контакт штока вмещает основное оруденение и характеризуется падением под углами от 20–30 до 70–80° на запад. Он осложнен флексуобразными изгибами и провисанием кровли. Отмечаются осложняющие шток небольшие выступы. Восточный контакт имеет более простое строение и падает в западном направлении под углами 50–70°.

Тектонические нарушения субширотной и субмеридиональной систем в пределах месторождения представлены сериями сближенных крутопадающих тектонических швов с глиной трения суммарной мощностью до 3–5 м и амплитудой перемещения от первых десятков до 170 м.

На месторождении выявлены Западная и Восточная рудоносные зоны (см. рис. 1). Наиболее детально изучена Западная зона, которая четко прослеживается вдоль контакта штока на 500 м при ширине 50–120 м. Она изучена канавами и скважинами по сети (80–30)×(80–10) м на площади 0,56 км², а подземными выработками по сети (70–20)×(70–20) м на площади 0,03 км². Поисково-оценочными работами в ее пределах выделен рудный блок размером 120×120 м, изученный до глубины 165 м (абсолютная отметка +770 м). Рудный блок вмещает разрозненные рудные тела гнездо- и линзообразной формы мощностью десятки сантиметров – первые метры и протяженностью первые метры.

Восточная зона, расположенная в 150–700 м от Западной, прослежена канавами через 20–250 м на 1900 м по простиранию и подсечена скважинами в долинах р. Кумир и руч. Осиновый. По бороздовому опробованию в рудах содержание Sc достигает 113 г/т на мощность 4 м и 300 г/т на мощность 0,54 м.

В 1500 м к северу от месторождения установлена и прослежена канавами на 550 м рудоносная зона проявления Кумирское-II с содержанием Sc 62 г/т на мощность 1,6 м. Проявление Кумирское-II находится в левом борту р. Кумир. В альбитизированных риолитах северо-западного эндоконтакта Кумирской субвулканической интрузии в участках флюоритизации в повышенных концентрациях выявлены U, Th, Sc.

Кумирское месторождение сложено комплексными рудами при ведущей роли скандия, образуя-

щего собственный минерал (тортвейтит) в скоплениях, представляющих промышленный интерес. Оруденение приурочено к эндо- и экзоконтактовой зонам Кумирского штока. Скандий-уран-редкометальное оруденение образует линзовидные тела и гнезда размером до 0,5×1,2×2,5 м, контролируемые метасоматическими залежами (альбит, серицит, турмалин, кварц), обычно крутопадающими и субвертикальными. Оно накладывается на субвулканические риолиты и на ороговикованные породы кумирской свиты. На месторождении выделено два типа скандий-редкоземельных руд, различающихся по вещественному составу и условно называемых черными и белыми.

Белые руды — светлоокрашенные мелко-среднезернистые существенно альбитовые метасоматиты с редкими прожилками турмалина, флюорита и сульфидов, локализующиеся главным образом в аляскит-порфирах. Черные руды — темноокрашенные (черные, темно-серые, фиолетово-черные) флюорит-биотитовые метасоматиты, тяготеющие к экзоконтактовым частям штока.

Сульфидная минерализация представлена пиритом, реже пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, арсенопиритом.

Скандиевая (тортвейтит) и редкоземельная (гадолинит, абукумолит, таленит, ортит, монацит) минерализация образует мелкую (0,01–1 мм) вкрапленность в метасоматитах и сопровождается урановой (уранинит, настурин, барнерит, коффинит, метацейнерит, эпиянтинит), ториевой (торит) и бериллиевой (гадолинит, берилл, берtrandит) минерализацией. Встречаются также фторпатит и топаз. Постоянное присутствие в рудах урановых и ториевых минералов обуславливает их повышенную радиоактивность.

Авторами установлено, что с рудами Кумирского месторождения ассоциируют фельдшпатолиты и кварциты, а формирование оруденения происходило в несколько стадий. Фельдшпатолиты, сложенные калиевым полевым шпатом с редкими гнездами кварца, формировались по аляскитам и гранит-порфирам. Они сохранились в виде крупных блоков, измеряемых несколькими десятками метров, в зонах, прилегающих к рудогенерирующим аляскитам. Кварциты чаще всего образовывались по песчаникам кумирской свиты и представлены белыми и темно-серыми до черных разностями. Черные тона кварцитов обусловлены обилием органического материала в алевропесчанниках.

Рудный процесс протекал в несколько стадий. Наиболее ранним агрегатом был кварц-пирит-тортвейтитовый с минералами редких земель — гадолинитом, абукумолитом, таленитом, ортитом, монаци-

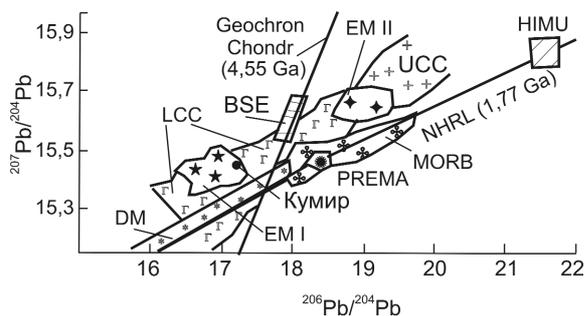


Рис. 3. Диаграмма $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в галените месторождения Кумир:

PREMA — превалирующая мантия; DM — деплетированная мантия; HIMU — компонент мантии, обогащенный радиогенным свинцом; EM I — мантия, обогащенная нижнекорвым компонентом; EM II — то же, верхнекорвым компонентом; MORB — океанические базальты; BSE — валовой состав Земли; LCC, UCC — нижне- и верхнекорвовый компоненты; Geochron Chondr — хондритовая геохрона; NHRL — положение изотопной корреляционной диаграммы в северной полушере от проверочной линии

том. В ассоциации с ним отмечаются также фторапатит и турмалин. Температура гомогенизации газожидких включений в кварце этой ассоциации варьирует от 320 до 285°C. Секущие прожилки кварца второй генерации с бериллом, топазом, гадолинитом и берtrandитом сопровождалась интенсивной флюоритизацией. Гомогенизация газожидких включений кварца второй генерации происходила при температуре 240–210°C. Самый поздний агрегат включал сидерит-кальцитовые прожилки с флюоритом второй генерации, уранинитом, настураном, коффинитом и другими более редкими уран-ториевыми минералами. Изредка с поздними минералами встречаются гнезда галенита размером до 1,5 см в поперечнике. Гомогенизация газожидких включений в сидерите осуществлялась при температуре 190–170°C. Концентрации изотопов свинца в галените составляют: ^{204}Pb 1,39, ^{207}Pb 21,21, ^{206}Pb 24,05, ^{208}Pb 52,05 [4]. На диаграмме соотношений $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ галенит Кумирского месторождения попадает в поле EM I (рис. 3) — источник обогащенной мантии типа EM I с участием нижнекорового материала и плюмового компонента.

В рудах содержания Sc колеблются от 50 до 2400 г/т при среднем в пределах рудного блока 205 г/т (борт 100 г/т) или 164 г/т (борт 70 г/т). Основное количество скандия сосредоточено в тортвейтите (64%) и турмалине (27%), в слюдистых минералах, полевых шпатах и оксидах железа присутствует до 9% Sc в виде микровключений тортвейтита и изоморфной примеси в алюмосиликатных минералах.

Содержания Y варьируют от 100 г/т до 4,1 кг/т при среднем содержании около 200 г/т, оксида Nb от десятков до 300 г/т (среднее 56 г/т), Rb от 30 до 800 г/т (среднее 236 г/т). Распределение Y в минералах приведено в табл. 3.

В рудах месторождения отмечаются высокие концентрации TR, достигающие 0,5–3,3%. По расшифровке ΣTR (0,6%) технологической пробы содержания составили, %: Y 0,12, Tb 0,103, Gd 0,09, Nd 0,087, Sm 0,0603, Dy 0,039, Pr 0,037, Er 0,024, La 0,023, Yb 0,0057, Ho 0,0046, Tm 0,0031, Eu 0,00011. Число анализов для подсчета запасов редких земель не достаточное.

Содержания U и Th колеблются от тысячных до первых сотых долей процента, достигая в единичных случаях 0,284 и 0,396% на мощность 0,5 и 0,1 м соответственно.

По результатам спектральных анализов борзодовых и керновых проб в пределах рудных интервалов устанавливался Be в количествах 0,2–0,5%.

На участках с радиоактивностью >30 мкР/ч (с экраном) отмечаются положительные корреляционные связи Sc с U (0,789), Th (0,726) и Y (0,763).

Запасы и прогнозные ресурсы ($C_2+P_1+P_2$) Sc, Y, U, Th, Rb и Nb по отдельности составляют сотни тонн. При этом запасы по категории C_2 составляют, т: Sc 3,6 (борт 70 г/т), 3,5 (борт 100 г/т), Y 0,9, оксида Nb 1,1, Rb 6,2, U 5,6, Th 2,4.

Во ВНИИХТ (1999 г.) опробованы различные методы обогащения: ситовый анализ, магнитная сепарация, гравитационное и фотометрическое разделение, радиометрическое обогащение. Ситовый анализ и гравитационное разделение не позволяют провести обогащение руд. Радиометрическое обогащение наиболее приемлемо, так как позволяет получить концентрат 40–50% от горной массы при потерях Sc около 25%, TR около 10%.

Обработка технологических схем извлечения

3. Содержания полезных компонентов в минералах месторождения Кумир, мас. %

Минералы	Sc ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	$\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3$	U ₃ O ₈
Тортвейтит	64	8	0,24	-
Иттриевые силикаты	-	70	11	-
Урановые минералы	-	До 1	2	99
Турмалин	27	До 1	24	-
Слюды	3	18	17	-
Полевые шпаты	3,5	-	-	-
Оксиды железа	2,5	До 1	30	-
Редкоземельные минералы	-	-	14	-
Прочие	-	1	1,76	1

скандия и сопутствующих компонентов осуществлялась на технологических пробах и концентратах радиометрической сортировки во ВНИИХТ методами азотнокислого выщелачивания и сульфатизации. По азотнокислой схеме извлечение U, Y и Be может составлять 83,2–96,4, 76,0–92,8 и 84,9% соответственно. Скандий по этой схеме практически весь остается в кеке, из которого его извлечение может составлять 76–99%. По схеме сульфатизации извлечение Y, TR и Be составляет соответственно 75–84, 88–95, 61–86%. Скандий остается в кеке и его извлечение составляет 88–98%.

Новые данные, полученные по субвулканическому магматизму и оруденению Кумирского рудного поля, свидетельствуют о специфических процессах становления Кумирского штока. Последние характеризуются обилием летучих компонентов, среди которых важную роль играли фтор (фторопатит, фторбиотит, высокие концентрации фтора в эгирине и рибеките), бор (нодули турмалина). Обилие летучих компонентов и особенно фтора, вероятно, обуславливали фракционирование металлов, что сказалось на характере распределения редких земель с формированием тетрадного эффекта их распределения. На заключительных стадиях субвулканических процессов происходила интенсивная дегазация магматического очага с образованием обширной серии мощно проявленных метасоматитов — от фельдшатовитов до пропилитов, приуроченных к субмеридиональным разломам и имеющих мощность до 150 м. Возраст становления аляскит-порфиоров Кумирского штока по изотопным данным противоречит геологическому возрасту.

Комплексное скандий-уран-редкоземельное оруденение формировалось в тесной ассоциации с метасоматитами на фоне снижения температур кристаллизации продуктов последовательных трех стадий процесса от 320 до 170°C. Руды месторождения богаты полезными компонентами. Современные технологии позволяют извлекать весь комплекс металлов в количествах от 61 до 99%. Соотношения радиогенных изотопов свинца галенита Кумирского месторождения указывают на формирование

его из материала обогащенной мантии типа EM I с участием нижнекорового и плюмового источников.

Скандий-уран-редкоземельное месторождение Кумир и железорудные объекты Коргон, Тимофеевское, Пятак и др. приурочены к полосе рудо-контролирующего субширотного разлома. В рудах, помимо железа, присутствуют Sc (от 35 до 63 г/т), редкие земли (Y от 15 до 120 г/т). Все они характеризуются повышенной радиоактивностью. На названных месторождениях при ГДП-200 картированы штоки умеренно щелочных гранитоидов майорского комплекса (D₂), имеющих визуальное сходство с субвулканическими образованиями, подобными гранитоидам Кумирского и Коргонского штоков. Это позволяет переоценить весь Коргоно-Кумирский рудный узел на комплексное скандий-уран-редкоземельное оруденение кумирского типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Петрология редкометалльных магмо-рудно-метасоматических систем Горного Алтая // Изв. Томского политех. ун-та. 2005. Т. 308. № 4. С. 43–47.
2. Гусев Н.И., Николаева Л.С., Гусев А.И. Верхнепалеозойские и мезозойские железокислые медно-золоторудные системы юго-запада Алтае-Саянского региона Сибири // Региональная геология и металлогения. 2006. № 29. С. 88–99.
3. Гусев Н.И., Гусев А.И., Пономарев А.Л., Федак С.И. Девонский вулканизм в юго-западном Алтае: петрологические особенности и металлогения // Региональная геология и металлогения. 2009. № 38. С. 73–84.
4. Шипилов Л.Д., Тычинский А.А., Вахрушев В.А. Изотопный состав свинца галенитов в рудных месторождениях Алтае-Саянской области // Рудные формации и генезис эндогенных месторождений Алтае-Саянской области. М., 1968. С. 114–129.
5. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. 1989. Vol. 53. P. 197–214.
6. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim. Cosmochim. Acta. 1999. Vol. 63. № 3/4. P. 489–508.

ОСОБЕННОСТИ РЕДКОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В АЛЬБИТИТАХ И АЛЬБИТИЗИРОВАННЫХ ГРАНИТАХ НА ПЛОЩАДИ АНГАРО-ВИТИМСКОГО БАТОЛИТА

М.О.Рампилов, Г.С.Рипп, А.Г.Дорошкевич (Геологический институт СО РАН
г. Улан-Удэ)

Рассмотрены петрографические, петрохимические и минералогические особенности альбититов и альбитизированных гранитов, выявленных на площади Ангаро-Витимского батолита. Охарактеризованы редкометальные и редкоземельные минералы, присутствующие в альбитизированных породах. Показано, что альбититы, связанные со щелочными гранитами, специализированы на иттрий, тяжелые и средние лантаноиды, а ниобий в них концентрируется в составе пирохлора, ферсмита и фергусонита. Для альбититов, связанных с лейкогранитами, характерен колумбит, а в составе РЗЭ большую роль играют легкие лантаноиды. Зона распространения альбититов в бассейне р. Ирбо представляется перспективной на возможное обнаружение промышленных концентраций иттрия и тяжелых лантаноидов.

Альбитизированные граниты во многих случаях содержат повышенные количества редких металлов и нередко служат реальным источником для извлечения и последующего промышленного получения Nb, Ta, Zr, Sn, TR. Эти породы известны в южном складчатом обрамлении Сибирского кратона, а на территории Западного Забайкалья установлено около 20 таких массивов. Значительная их часть приурочена к Ангаро-Витимскому гранитному батолиту, который относится к числу крупнейших плутонов, занимая площадь около 400 тыс. км². Время его формирования по многочисленным геохронологическим данным средний—поздний палеозой [7]. Несмотря на столь широкое проявление магматизма, на этой площади известны лишь рудопоявления и мелкие месторождения Mo, W, Sn, Ta, Nb, РЗЭ. Причина состоит в глубоком эрозионном срезе массивов, а также распространенности автохтонных фаций. Петрографическая и петрохимическая характеристики гранитов приведены в работах многих исследователей. Однако до настоящего времени остались не изученными особенности минерального состава рудной (редкометальной) минерализации апогранитов. Появление электронно-зондового и электронно-микроскопического методов анализа предоставило возможность восполнить этот пробел.

Альбитизированные граниты и альбититы (Сайвонинский, Ирбо, Муйский, Безымянский, Оймурский) в пределах Ангаро-Витимского бато-

лита, сопровождающиеся также калиевым метасоматозом, отвечают всем признакам апогранитов [3]. Это небольшие по размерам массивы и дайки, расположенные среди останцов осадочных и метаморфических толщ и представляющие собой в разной степени альбитизированные апикальные части гранитных выступов. Можно полагать, что их появление — результат глубокой дифференциации магматического расплава с накоплением летучих и экстракцией редких элементов. В них установлены минеральные фазы Nb, Ta, Y и РЗЭ. На некоторых участках (Ирбо) проведены поисково-оценочные работы. Время образования пород определено только для Безымянского [6] и Амнуннинского (В.Ф.Посохов, 2001) участков. Изохронные Rb-Sr датировки их показали соответственно 265 и 279 млн. лет. Позднепалеозойский возраст [6] имеют подобные массивы в южном обрамлении батолита в Хамар-Дабанском хребте (Биту-Джидинский, Салбаргуйский, Утулик, Харагул, Уругудей).

По сравнению с известково-щелочными породами батолита в альбитизированных гранитах существенно выше кремнекислотность и щелочность (9–10 мас. % Na₂O+K₂O), более высокие концентрации Rb, Li, Nb, Zr, F, ниже содержания Mg, Ca, Fe, Sr, Ba.

В связи с тем что редкометальные и редкоземельные минералы в апогранитах представлены

тонкой и рассеянной вкрапленностью, они выделены в основном из протолок с получением искусственного шлиха. Первоначальный вес проб варьировал от 5 до 10 кг. После дробления и отмучивания проб проведено гравитационное обогащение, в том числе с использованием тяжелых жидкостей. При визуальном обнаружении минералов они препарировались непосредственно из образцов. Выделенные минералы запрессовывались в эпоксидную смолу. Поверхность препаратов полировалась, затем они анализировались на электронном микрозонде MAP-3 (аналитик С.В.Канакин). Из образцов, обогащенных видимыми рудными минералами, вырезались блоки. Поверхность их также полировалась и изучалась на электронном микроскопе LEO-1430 с энергодисперсионным спектрометром IncaEnergy-300 (аналитик Н.С.Карманов), а обнаруженные минералы анализировались на микрозонде.

Съемки на микрозонде выполнялись при следующих аналитических условиях: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 40 нА, время измерения 20 с, диаметр зонда 2 мкм. Для повышения достоверности результатов в окрестностях каждой точки делалось по несколько параллельных замеров.

Нами изучены Безымянский, Амнуннинский массивы и участок Ирбо в бассейне р. Келяна (рис. 1). Проявления первых двух близки к лейкогранитам редкометального литий-фтористого типа, третья представлено щелочными гранитами, содержащими щелочные пироксен и амфибол. Выделенные типы отчетливо различаются особенностями редкометальной и редкоземельной минерализации, представленной почти исключительно рассеянной вкрапленностью зерен и их сростаний в альбитизированных участках пород. Рудные минеральные парагенезисы этих проявлений приведены в табл. 1.

Безымянский массив лейкогранитов вытянут в северо-западном направлении на 6 км, имеет максимальную ширину ~3 км, резко снижающуюся (до 0,5 км) на водоразделе хребта, где обнажается его апикальная часть с остатками провесов кровли. Он прорывает раннедокембрийские мраморы с маломощными прослоями кварцитов и биотит-амфиболовых гнейсов (рис. 2). В контактовой зоне и ксенолитах мраморы перекристаллизованы, содержат плагиоклаз, диопсид, тремолит, титанит, реже отмечается апатит. Массив рассечен жилами мелкозернистых гранитов, аплитов, пегматитов.

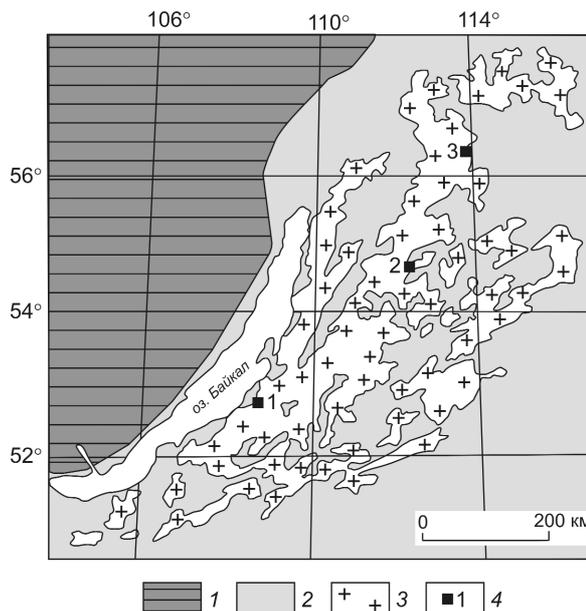


Рис. 1. Ареал распространения гранитов Ангаро-Витимского батолита и расположение изученных участков альбитизированных пород:

1 — Сибирская платформа; 2 — южное складчатое обрамление; 3 — гранитоиды Ангаро-Витимского батолита; 4 — участки альбититов и альбитизированных пород (1 — Безымянский, 2 — Амнуннинский, 3 — Ирбо)

Петрографическая, петрохимическая и геохимическая характеристики пород даны в работах ряда исследователей [1, 2, 4–6]. Большая часть массива сложена среднезернистыми микроклин-альбитовыми породами. На контактах они более мелко-

1. Рудные минеральные парагенезисы в проявлениях альбитизированных пород

Участки		
Безымянский	Амнуннинский	Ирбо
Циркон	Циркон	Циркон
Алланит	Алланит	Алланит
Колумбит	Колумбит	Ферсмит
Y-фергусонит	Y-флюорит	Y-фергусонит
Монацит	Монацит	Ксенотим
Ксенотим	Флюоцерит	Иттриалит
Рутил (*3,96)	Торит (**4,83)	Таленит
Ильменит (*0,47)	Рутил (*1,28)	Y-бритолит
Биотит (Li)	Ильменит (*0,93)	Nd-фергусонит
Протолитионит	Титанит (*0,2, **0,26)	Торит
	Полилитионит	Пироксид
		Чевкинит
		Nb-чевкинит
		Титанит (*2,78, **1,54)

Примечание. В скобках даны содержания (мас. %) Nb₂O₅* и Y₂O₃**.

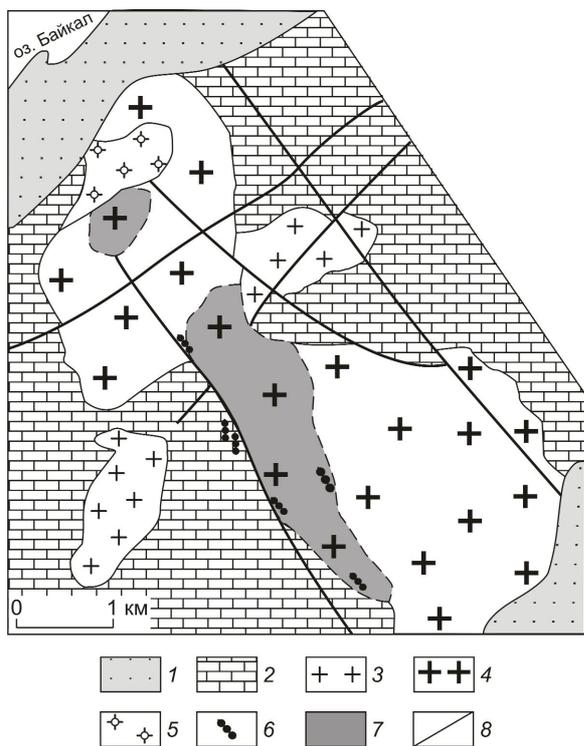


Рис. 2. Схема геологического строения Безмянского массива гранитов, по Ю.П.Гусеву с упрощениями авторов.

1 — современные рыхлые отложения; 2 — мраморы с прослоями кварцитов и гнейсов; 3 — граниты муйского комплекса; 4 — микроклин-альбитовые граниты; 5 — биотит-роговообманковые граниты; 6 — жилы микроклинных (с амазонитом) пегматитов; 7 — поля распространения амазонит-биотитовых гранитов; 8 — тектонические нарушения

зернистые, имеют иногда гнейсовидный облик. В гранитах, наряду с идиоморфными вкрапленниками микроклина и плагиоклаза, присутствуют округлые зерна кварца. Аллотриоморфный более мелкозернистый агрегат в интерстициях сложен лейстовидным альбитом, микроклином, кварцем и слюдой.

Среди биотитовых гранитов главной фазы встречаются роговообманковые разности. Амфибол в них обычно замещен магнетитом и эпидотом. Отличительной особенностью их является наличие гранофиновых микроклин-кварцевых агрегатов, окружающих вкрапленники щелочного полевого шпата. Скопления зерен биотита и магнетита (нередко с флюоритом), как и мелкозернистый базис породы, располагаются в основном в промежутках.

В апикальной части штока альбитизация более интенсивная, часто встречаются пегматоидные амазонит-альбитовые граниты. Здесь, наряду с биотитом, присутствуют чешуйки мусковита и поли-

литинита. Триоктаэдрическим слюдам свойственна высокая железистость (вплоть до лепидомелана). Типоморфные второстепенные минералы — флюорит и магнетит. В альбитизированных гранитах содержание Та варьирует в пределах первых тысячных долей процента, Nb 38–43 г/т, Zr 35–92 г/т, Nb/Ta равно ~5.

Составы рудных минералов представлены в табл. 2, 3. Главным носителем Nb является колумбит, меньшая часть его связана с фергусонитом и самарскитом. Два последних минерала отличаются высокой концентрацией Y, U, Th и тяжелых лантаноидов. В цирконе, кроме Hf, отмечается повышенное содержание Y_2O_3 (0,3 мас. % в среднем) и ThO_2 (0,6 мас. %). Ниобий (до первых процентов) также присутствует в рутиле, ильмените и ильменорутиле. Торий и существенно легкие лантаноиды сконцентрированы в алланите, монаците. Многие минералы массива обогащены Mn. В колумбите доля этого элемента составляет более 0,6 ф.к., а в

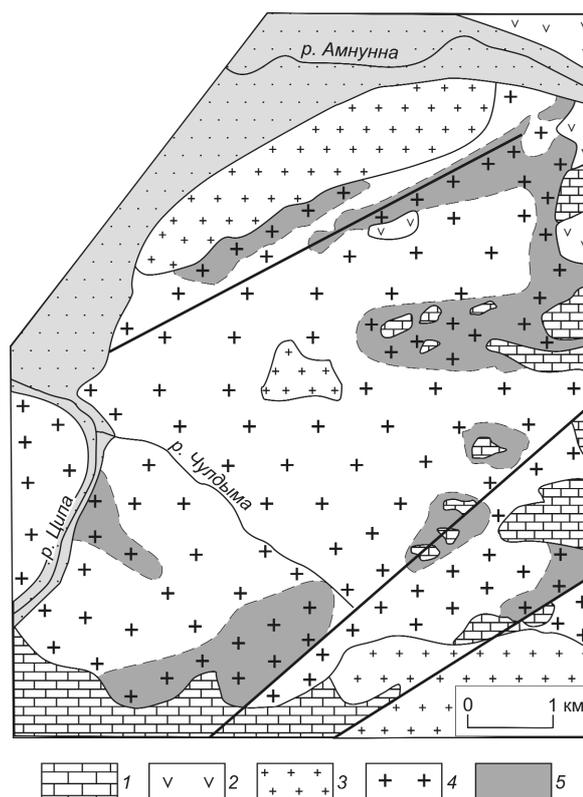


Рис. 3. Схема геологического строения Амнуннинского массива гранитов, по И.И.Шатохину с упрощениями авторов.

1 — карбонатные породы (известняки, доломиты) с прослоями песчаников; 2 — вулканиты кислого состава; 3 — ранне-среднепалеозойские граниты; 4 — позднепалеозойские граниты (Амнуннинский массив); 5 — участки альбитизации; остальные усл. обозн. см. рис. 2

2. Химический состав рудных минералов Безьямянского массива, мес. %

Минералы	Nb ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	ThO ₂	TR ₂ O ₃	ZrO ₂	HfO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	F	FeO	MgO	MnO
Алланит (3)	-	-	2,82	17,52	-	-	31,62	15,82	1,47	9,22	0,48	13,81	1,11	0,83
У-фергусонит (6)	46,39	23,51	5,76	17,24	0,22	-	-	-	0,77	0,96	0,46	0,31	0,29	0,10
Самарскит (5)	44,74	6,52	4,11	5,89	0,29	-	-	-	2,54	0,85	0,33	5,70	-	1,70
Колумбит (9)	74,61	0,73	-	-	-	-	-	-	0,66	-	0,29	7,16	0,18	12,59
Циркон (3)	0,30	1,74	0,66	0,72	60,31	2,40	31,19	-	-	-	0,36	0,08	0,08	-
Рутил (5)	3,96	-	0,74	-	-	-	-	-	91,99	-	-	1,95	0,11	-
Ильменит (1)	0,47	-	-	-	-	-	-	-	50,76	-	-	42,23	0,16	4,51

Примечание. У и Та не определялись, Lu не обнаружен. Здесь и далее в скобках — число анализов, прочек — содержание элемента ниже порога обнаружения.

3. Содержание редкоземельных элементов в минералах Безьямянского участка, мас. %

Минералы	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃
Алланит (3)	4,03	8,02	1,18	3,28	1,01	-	-	-	-
У-фергусонит (6)	-	-	-	1,48	1,67	4,77	4,18	2,92	2,22
Самарскит (5)	-	-	-	0,80	0,84	2,08	1,22	0,75	0,20

Примечание. Lu не обнаружен.

4. Химический состав рудных минералов в альбитизированных гранитах Амуннинского массива, мас. %

Минералы	Nb ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	ThO ₂	TR ₂ O ₃	ZrO ₂	HfO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	F	FeO	MnO	P ₂ O ₅
У-флюорит (2)	-	12,02	0,30	9,77	-	-	-	0,11	-	28,86	44,47	0,35	0,12	0,75
Флюоцерит (2)	-	1,10	1,52	71,20	<0,30	-	-	-	-	-	25,14	-	-	-
Алланит (6)	-	0,63	0,93	23,84	-	-	28,72	10,45	2,17	8,02	0,70	18,30	1,27	-
Колумбит (3)	74,97	1,15	0,93	0,22	0,27	0,25	0,15	0,23	0,79	0,06	<0,26	6,59	13,98	0,48
Ильменит (2)	0,93	0,30	<0,20	0,22	<0,16	0,18	<0,08	0,16	50,28	0,03	-	40,32	6,71	-
Рутил (1)	1,28	0,23	-	-	<0,16	0,23	0,21	0,17	91,46	0,10	-	5,01	0,07	-
Торит (1)	0,19	4,83	66,20	-	-	-	13,54	0,41	-	1,19	2,34	4,12	0,21	3,34
Монацит (2)	-	1,98	6,97	59,15	-	-	1,41	-	0,15	0,27	-	0,42	-	28,69
Титанит (1)	<0,12	0,26	<0,24	0,20	-	<0,19	29,97	1,90	36,98	27,94	Н. о.	0,25	0,17	-
Циркон (4)	-	1,76	-	0,17	62,61	1,86	31,91	0,22	-	-	0,62	0,42	0,14	-

Примечание. У и Та не определялись.

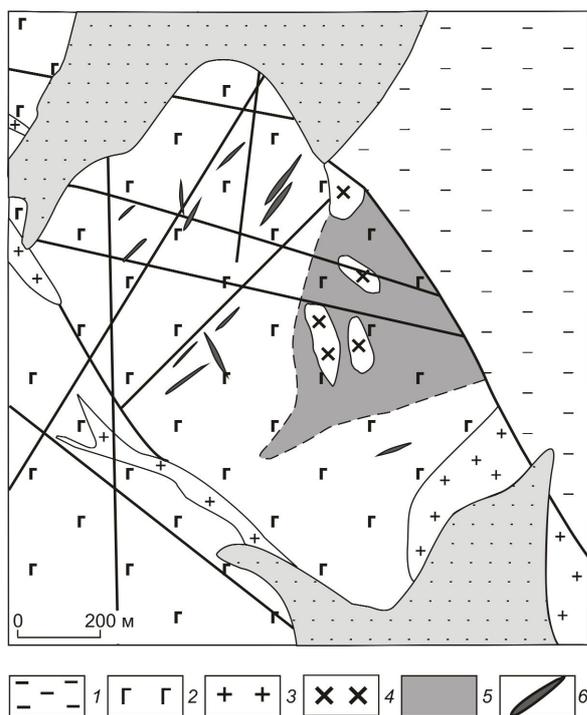


Рис. 4. Схема геологического строения участка **Водозадельный (проявление Ирбо)**, по В.П.Инюшкину с упрощениями авторов:

1 — осадочно-вулканогенная толща (келянская серия); 2 — габброиды; 3 — биотит-роговообманковые граниты; 4 — граниты микроклиновые альбитизированные; 5 — площадная альбитизация; 6 — тела альбититов; остальные усл. обозн. см. рис. 2

гранате до 45% приходится на спессартиновый минерал. Биотит, ильменит и алланит содержат до 4,5 мас. % MnO, а среди магнетита встречаются разновидности близкие к составу якобсита.

Амнуннинский массив находится на северной окраине Витимского плоскогорья в бассейне среднего течения р. Ципа. Он сложен мелко-среднезернистыми порфировидными микроклин-альбитовыми породами, прорывает вулканы, известняки, доломиты и более ранние амфибол-биотитовые порфировидные граниты (рис. 3). В контактовых частях массива в зонах закалки породы имеют мелко-тонкозернистые структуры. Главные пороодооб-

разующие минералы представлены микроклином, плагиоклазом, кварцем и биотитом (до 8%). Вмещающие песчаники и кислые вулканы на контакте с гранитами превращены в биотитовые и биотит-кварцевые роговики. Ширина зоны экзоконтактового воздействия изменяется от первых десятков до нескольких сотен метров.

На ранней стадии метасоматических процессов в гранитах проявилась микроклинизация. Она приурочена к апикальной части интрузии и сопровождается частичным или почти полным замещением плагиоклаза микроклином и кварцем (лейкокраговые мелкозернистые породы с выделениями округлых зерен кварца). Альбитизация также развита в апикальных частях. Она встречается в апофизах массива, а также вдоль отдельных тектонических нарушений, проявлена неравномерно, развивается по олигоклазу, микроклину. Обычно на альбит приходится 15–25%, участками 40–50% объема породы. Апикальность штока подтверждается большим количеством остатков провеса кровли, под которыми широко развита альбитизация.

Акцессорные минералы выделены из протоколочек. В слабоизмененном биотитсодержащем граните содержится до 0,4% магнетита, около 0,15% циркона и флюорита, в знаковых количествах встречаются апатит, ильменит, титанит, редкие кристаллики колумбита и монацита. В альбитизированном граните слюды представлены лепидомеланом (до сидерофиллита), частично менее железистым биотитом, мусковитом, полилитионитом. Содержание в нем магнетита достигает 2,8%, циркона 0,4%. Кроме того, установлены ильменит, гематит, сульфиды, эпидот, амфиболы, титанит, апатит, флюорит, монацит, пирохлор, колумбит. Составы рудных минералов приведены в табл. 4 и 5.

Ниобий сконцентрирован в колумбите. От десятых долей до 1,5 мас. % Nb₂O₅ присутствует в титаните, торите. Концентраторами РЗЭ являются алланит, монацит, флюоцерит, иттрофлюорит. В первых трех минералах редкоземельные элементы представлены существенно легкими лантаноидами, в последнем — тяжелыми. Во флюоцерите, торите, алланите, монаците до первых процентов содержится иттрий.

5. Содержание редкоземельных элементов в минералах Амнуннинского участка, мас. %

Минералы	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃
Монацит (2)	16,61	29,82	3,69	7,99	1,04	-	-	-
Алланит (5)	7,45	12,15	1,43	2,81	-	-	-	-
Флюоцерит (2)	13,94	40,65	4,51	10,79	1,31	-	-	-
Y-флюорит (2)	1,17	3,08	-	1,46	-	1,15	1,69	1,22

Примечание. Ег и Lu не обнаружены.

6. Химический состав рудных минералов в альбититах и альбитизированных гранитах участка Ирбо, мас. %

Минералы	Nb ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	ThO ₂	UO ₂	Ta ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	ZrO ₂	HfO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	F	FeO	MnO	P ₂ O ₅	Na ₂ O
Иттриалит (22)	-	33,13	11,41	0,26	-	14,76	-	-	32,72	-	-	0,53	-	1,36	1,15	-	-
Таленит (5)	-	33,11	-	-	-	16,13	-	-	26,77	-	-	1,28	-	-	-	-	-
Ксенотим (8)	-	39,72	1,10	0,72	-	15,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,16	-
У-фергусонит (17)	46,84	26,33	5,29	1,97	-	13,44	-	-	1,30	-	-	1,13	-	-	-	-	-
У-брилолит (11)	-	33,04	2,56	0,50	-	17,81	-	-	25,65	-	-	13,31	2,32	0,35	1,28	0,96	-
Nd-фергусонит (4)	45,36	9,62	6,78	-	-	34,32	-	-	1,42	-	-	0,95	-	-	-	-	-
Моноцит (2)	-	1,86	3,14	-	-	53,26	-	-	2,07	-	-	2,06	-	0,99	-	28,44	-
Цевкинит (2)	-	0,50	0,58	-	-	49,16	-	-	19,67	-	18,17	1,24	-	10,87	0,24	-	-
Алланит (53)	-	0,62	1,01	-	-	21,91	-	-	30,67	13,48	-	8,95	-	15,74	0,87	-	-
Nb-чевкинит (8)	5,88	0,23	0,85	-	-	36,82	-	-	18,45	-	14,57	1,09	-	18,60	1,13	-	-
Пирохлор (6)	46,71	-	0,9	12,50	5,57	-	-	-	1,40	-	9,65	19,20	1,40	0,40	0,5	-	1,26
Ферсмит (5)	79,23	2,07	-	-	0,59	-	-	-	-	-	1,55	15,30	-	0,57	-	-	-
Титанит (15)	2,78	1,54	-	-	-	-	-	-	29,15	-	32,39	-	-	3,19	-	-	-
Торит (5)	-	2,07	42,58	12,01	-	-	-	-	22,89	-	-	-	-	-	-	0,72	-
Циркон (30)	-	-	-	-	-	-	66,52	2,46	32,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Как и в Безымянском массиве, отмечается повышенная марганцовистость минералов. В колумбите содержится 13,0–14,5 мас. % MnO, в биотите, алланите и арфведсоните — 2–4 мас. % MnO.

Минерализация, связанная со щелочными гранитами, изучена в верховьях р. Келяна на участках Водораздельный, Средний, Озерный I и II, где рифейские вулканы кислого и основного состава, метаморфизованные в условиях зеленосланцевой фации, прорваны массивами и дайками габбро, габбро-долеритов, диоритов, амфиболовых и биотит-амфиболовых гранитов (рис. 4). Поисково-оценочными работами щелочные граниты и связанные с ними альбититы прослежены на расстояние >15 км. Тела гранитов имеют ширину до 500 м. Это мелкозернистые породы с неравномернозернистой, участками пегматоидной текстурой, сложенные микроклином (до 65%), альбит-олигоклазом (до 35%), кварцем, эгирином, рибекитом, биотитом. В состав аксессуарных минералов входят циркон, магнетит, фергусонит, ильменит, флюорит. Они сопровождаются маломощными дайками микроклин-кварц-альбитовых и существенно альбитовых метасоматитов.

Метасоматическому изменению подверглись также пегматиты, вмещающие сланцы, габброиды, встречаются тела, сложенные мелкозернистым анхимонно-минеральным альбитом. Форма тел линзо- и плитообразная, мощность от 0,3 до 20 м, длина от десятков до 200 м. Кроме альбита, микроклина, кварца, в них присутствуют биотит, магнетит, амфибол, эпидот, флюорит и мусковит. По сравнению с породами Амнуннинского и Безымянского массивов в данных телах ниже концентрация марганца, а слюда представлена низкотитанистым (от 1,5 до 2,35 мас. % TiO₂) биотитом.

Апограниты имеют повышенную радиоактивность (60–190 мкР/ч), обусловленную торитом и такими минералами, как иттриалит, фергусонит, пирохлор, ксенотим, У-брилолит. По данным поисково-оценочных работ породы содержат Ta₂O₅ 0,005–0,007, Nb₂O₅ 0,007–0,05, TR_{Ce} 0,01–0,03, ZrO₂ 0,04–0,36%. Рудная минерализация в основном рассеянная. В

7. Содержание редкоземельных элементов в минералах участка Ирбо, мас. %

Минералы	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃
Иттриалит (22)	-	1,18	-	-	-	-	2,48	3,11	6,62	1,37
Таленит (5)	-	1,63	-	-	-	1,03	3,25	3,50	5,08	1,64
Ксенотим (8)	-	-	-	-	-	-	2,06	3,36	9,14	1,01
Y-фергусонит (17)	-	0,67	-	1,90	0,83	1,32	2,74	2,07	3,91	-
Y-брилолит (11)	0,78	2,95	-	0,68	-	1,12	3,85	4,09	4,34	-
Nd-фергусонит (4)	1,13	8,48	1,83	11,36	3,87	4,13	1,93	0,68	0,91	-
Монацит (2)	3,58	20,66	5,48	18,21	2,95	1,88	0,50	-	-	-
Чевкинит (2)	11,66	25,60	3,15	8,75	-	-	-	-	-	-
Алланит (53)	6,39	11,57	0,90	3,05	-	-	-	-	-	-
Nb-чевкинит (8)	10,82	19,15	1,77	5,08	-	-	-	-	-	-

некоторых телах оруденение богаче, а распределение весьма неравномерное (Ta₂O₅ 0,005–0,018, Nb₂O₅ 0,05–0,15, TR_Y 0,03–0,1, ZrO₂ 0,1–0,6%). В висячих контактах жил встречаются гнезда, в которых содержание Ta₂O₅ достигает 0,09, Nb₂O₅ до 2,8, TR_Y до 2,95, TR_{Ce} до 5,7, ZrO₂ до 5%.

Составы рудных минералов представлены в табл. 6 и 7. Главный из них — фергусонит. Концентраторами ниобия выступают пироклор, ферсмит и фергусонит. До нескольких процентов Nb₂O₅ присутствует в алланите и титаните. Пироклор отличается повышенными танталоносностью (Ta₂O₅ > 5 мас. %) и титаноносностью (TiO₂ 9,7 мас. %), что приближает его к бетафиту. В некоторых минералах содержится U (уранпироклор, фергусонит, торит), в других преобладает Th (торит, монацит, фергусонит, иттриалит, брилолит, ксенотим).

На проявлениях распространены иттрийсодержащие минералы, селективно обогащенные тяжелыми лантаноидами (фергусонит, иттриалит, таленит, ксенотим, Y-брилолит). Иттрий характерен также для ферсмита, титанита, торита. В составе ксенотима, таленита, иттриалита, Y-фергусонита присутствует от 8–10 до 14–17 мас. % тяжелых и средних лантаноидов. При этом содержание наиболее тяжелых лантаноидов и, в частности, Lu постоянно >1% (до 2,7%), а Yb 4% (до 8–9%). Легкие лантаноиды сконцентрированы в чевкинине, алланите, Се-фергусоните. Среди выделений чевкинита различаются две разновидности. Одна из них характеризуется резко пониженным содержанием PЗЭ (около 37 мас. %), титана (TiO₂ 14,5 мас. % при 18% в другой разновидности), повышенным — железа (11–18,5 мас. %), наличием Nb₂O₅ до 5,9 мас. %.

Фергусонит, как и чевкинит, представлен двумя типами. Один резко обогащен иттрием и тяжелыми лантаноидами. В другом иттрия в три раза меньше, преобладает неодим, содержится повышенное количество легких и средних лантаноидов.

Обычным минералом альбититов является также циркон, содержащий от 1 до 6 мас. % HfO₂. В большей части его зерен присутствует эмульсионная вкрапленность таленита, иттриалита, ксенотима, торита, обусловивших метамиктизацию минерала. Циркон представлен кристаллами дипирамидальной формы со слабым развитием граней призмы. В нем часто встречаются включения полевых шпатов, отчетливо проявлена зональность. В центральной части зерен имеется большое количество включений минералов различного состава, в том числе эмульсионной вкрапленности таленита, иттриалита, ксенотима, торита. В периферических частях зерен повышается содержание Hf от 1 до 2,6 мас. % (иногда до 6 мас. % HfO₂).

В связи с эродированностью большая часть Ангаро-Витимского батолита малоперспективна на рудные месторождения. Для поисков продуктивных массивов предпочтительны площади вмещающих пород и останцы осадочно-метаморфических комплексов. С позиции возможной практической значимости апограниты и альбитизированные граниты, содержащие ниобий, тантал, PЗЭ и иттрий, относительно других типов оруденения на площади батолита наиболее привлекательны. При этом альбититы, сопровождающие щелочные граниты, специализированы на иттрий, тяжелые и средние лантаноиды, а ниобий в них концентрируется в составе пироклора, ферсмита и фергусонита. В отличие от них для альбититов, связанных с лейкогранитами, характерен колумбит, а в составе PЗЭ большую роль играют легкие лантаноиды.

Зона распространения альбититов в бассейне р. Ирбо представляется перспективной на возможное обнаружение здесь промышленных концентраций иттрия и тяжелых лантаноидов. В бассейнах рек Ирбо и Келяна в аллювиальных отложениях присутствует циркон, в повышенных количествах выделившийся при разрушении альбититов и альбитизированных гранитов. Этот циркон, со-

держаций эмульсионную вкрапленность иттриевых и иттриевоземельных элементов, может быть извлечен из аллювиальных россыпей.

Продланное исследование позволяет сделать следующие выводы.

В лейкогранитах ниобий присутствует в основном в колумбите, а в щелочных гранитах главными концентраторами данного элемента являются ферсмит, пироклор и фергусонит.

Минералы из альбитизированных щелочных гранитов обогащены иттрием и тяжелыми РЗЭ. Установлено большое количество минеральных видов с этими элементами. В метасоматитах, связанных с лейкогранитами, иттрий и тяжелые лантаноиды играют подчиненную роль (У-флюорит, самарскит), широко представлены минералы, селективно обогащенные легкими лантаноидами (монацит, алланит, флюоцерит).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипин В.С., Горегляд А.В., Савина Е.А., Митичкин М.А. Эволюция литий-фтористых гранитов с образованием редкометалльных слюдяных шпиров // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 7. С. 1216–1227.
2. Антипин В.С., Савина Е.А., Митичкин М.А., Переляев В.И. Редкометалльные литий-фтористые граниты, онгониты и топазиты Южного Прибайкалья // Петрология. 1999. Т. 7. № 2. С. 141–155.
3. Беус А.А., Северов Э.А., Ситкин А.А., Субботин И.Д. Альбитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты). – М.: АН СССР, 1967.
4. Гусев Ю.П., Давыдов В.И., Дворин-Самарский В.А., Каперская Ю.Н. Безымянский массив альбитизированных гранитов среди архея Восточного Прибайкалья // Минералого-петрографические очерки Забайкалья. Улан-Удэ, 1968. С. 41–47.
5. Дворин-Самарский В.А., Каперская Ю.Н., Козулина И.М. Геохимические особенности альбитизированных гранитов массивов Оймур и Безымянка в Прибайкалье // Минералого-геохимические очерки Забайкалья. Улан-Удэ, 1971. С. 138–141.
6. Источники магм и изотопная эволюция редкометалльных Li-F гранитоидов / В.И.Коваленко, Ю.А.Костицин, В.В.Ярмлюк и др. // Петрология. 1999. Т. 7. № 4. С. 401–429.
7. Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н., Алакишин А.М., Подладчиков Ю.Ю. Ангаро-Витимский батолит — крупнейший гранитоидный плутон. – Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1992.

УДК 553.412.092 (571.56)

© А.И.Некрасов, Н.Э.Тямисов, В.Н.Соловьев, 2009

СЕРЕБРОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ — ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

А.И.Некрасов, Н.Э.Тямисов, В.Н.Соловьев (ОАО «Янгеология»)

Приведена история открытий и последовательность изучения серебрянорудных объектов Северо-Восточной Якутии с XVIII в. до настоящего времени. В результате многолетних целенаправленных исследований с 80-х годов прошлого века до наших дней создана крупнейшая в России резервная база серебра. Даны схема размещения и краткая геологическая характеристика наиболее интересных объектов.

Сейчас уже невозможно определить более или менее точно, когда впервые стало известно серебро коренным жителям Республики Саха (Якутия). В первой половине XVII в. русские первопроходцы отмечали разнообразие серебряных украшений, причем сделанных недавно, у местных племен — якутов, юкагиров, эвенов. Вскоре, конечно, с поправкой на то медленное течение жизни, не заставили себя ждать и находки серебряных руд.

Первая находка в 1765 г. связана с именем казака Т.Н.Кычкина, который, видимо, по указанию местных жителей опробовал свинцовые руды в бассейне руч. Большой Эндыбал. Сейчас это месторождение носит название Нижне-Эндыбалское и входит в состав Мангазейского рудного поля Западно-Верхоянского геолого-экономического района (рисунок).

Пробирным анализом в Екатеринбургской центральной императорской пробирной лаборато-

рии в пробах из свинцово-цинковых руд были установлены высокие содержания серебра. Как отмечено в рапорте шихмейстера пробирной лаборатории, качество проанализированных руд более высокое, чем известных нерчинских и уральских. В 1768–1778 гг. на площади современного Нижне-Эндыбальского месторождения была организована добыча свинцово-серебряных руд (пятидесятник Нерчинской воеводской конторы Уродин, 1768 г., унтер-шихмейстер П.Метенев от Берг-коллегии, 1773 г.). Были пробиты около десяти добычных и откатных штолен, часть из которых сохранилась до настоящего времени. Руда переправлялась в Екатеринбургскую рудоплавильную лабораторию, принадлежащую семейству Демидовых, которая по Высочайшему указу императрицы Анны Иоанновны имела право печатать серебряные монеты с гербом Российской империи. Если вдуматься, насколько же мощной была Российская держава, могущая позволить себе добычу свинцово-серебряных руд в пределах Верхоянского хребта и вывоз их на переработку на Урал.

Первое подробное описание геологического строения Мангазейского рудного поля дано в работе Н.Т.Меглицкого (Горный журнал, 1851). Это первый опубликованный труд не только по серебрянорудным месторождениям, но и по геологии Верхоянского края. Более чем на 100 лет якутские серебряные рудники были забыты. Вернулись к разработке руд Мангазейского рудного поля золотопромышленники А.М.Сибиряков и Н.Б.Верховенский в 1892 г., а позднее — М.Ф.Коковин (1914 г.), который организовал плавку свинца непосредственно на месте добычи. С тех пор остатки горного завода известны как Коковинский рудник.

В 1914 г. Мангазейское рудное поле было выкуплено купцом и известным демократическим деятелем (кстати, другом семьи А.М.Горького), затем народным комиссаром финансов в правительстве Якутской АССР А.А.Семеновым. В 1914–1922 гг. последний не только организовал добычу и переработку свинцовых руд, но и запустил производство кирпичей и глиняной посуды из монтмориллонит-каолининовых глин месторождения Мысовое. В 1922 г. проспекторы А.А.Семенова заверили заявку местных жителей на рудоносную площадь в 50 км к северу от Мангазейского рудного поля. Так было открыто рудопоявление Березкинское, дополнительно изучавшееся С.С.Ванюшиным в 1923 г. В этом же году разведочные работы С.С.Ванюшина на Мангазейском рудном поле показали его перспективность. Это стимулировало дальнейшие исследования, проводившиеся Н.А.Швембергером (1928 г.), Г.И.Борисовым (1934 г.), А.С.Сахаровым, И.В.Буссен (1938–1939 гг.), В.М.Базилевским, Г.В.Шульцем

(1938–1954 гг.). В 1927 г. площадь Мангазейского рудного поля закартирована К.Я.Пятовским, давшим в отчете удивительно точное описание строения рудного поля, не потерявшее свою актуальность и в настоящее время.

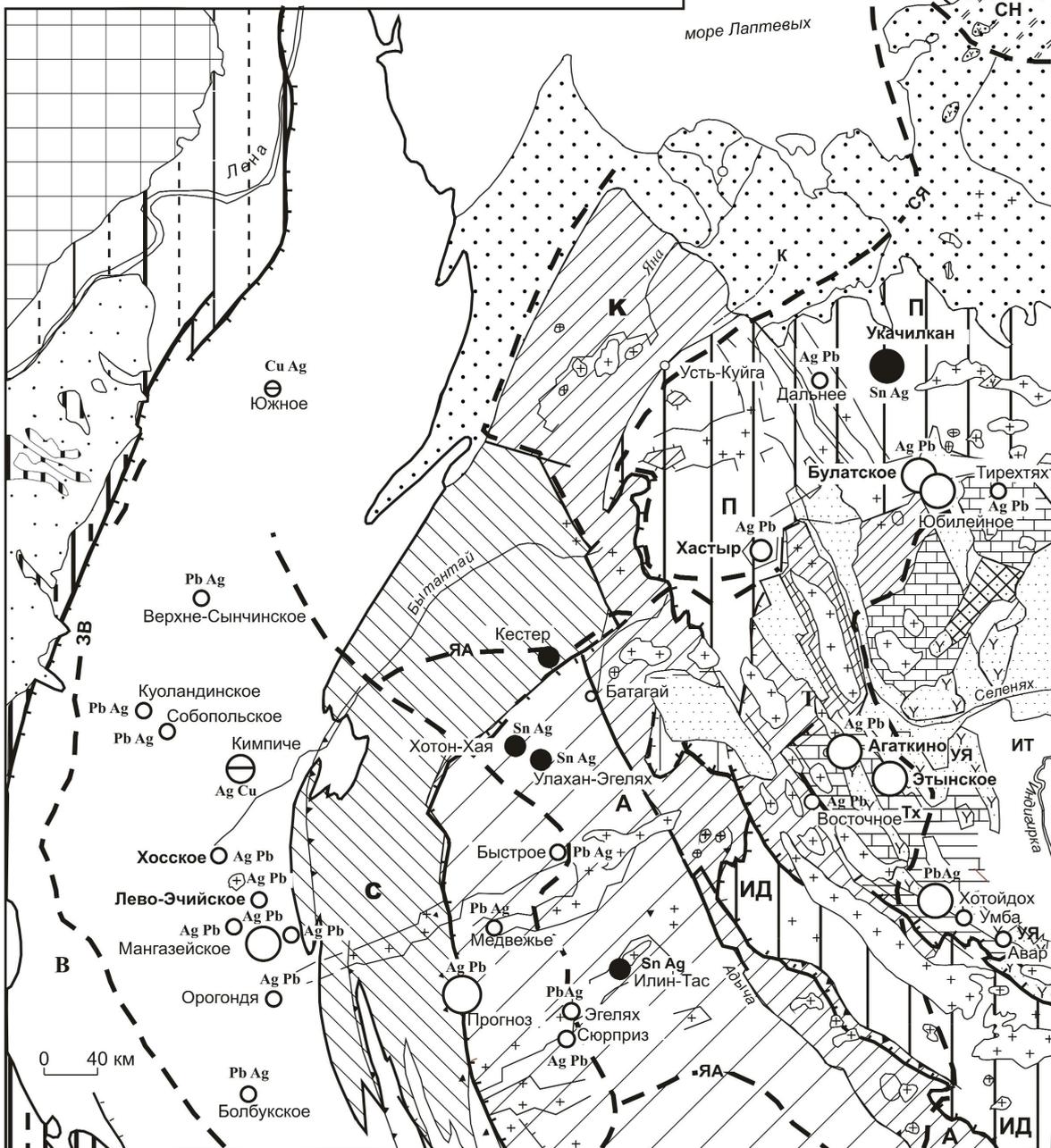
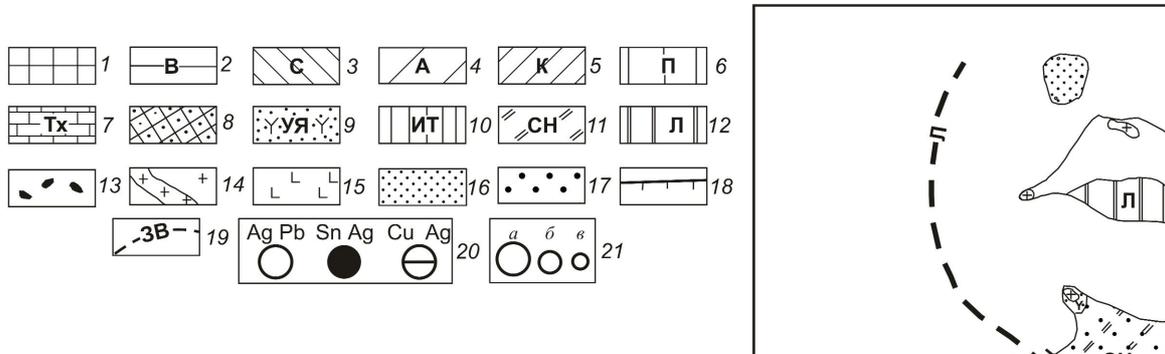
Интересные исторические и геологические факты приведены в работе по Мангазейскому рудному полю академика С.С.Смирнова (1962). Он охарактеризовал месторождение Безымянное в составе Мангазейского рудного поля как первое собственно серебряное, установленное на территории СССР.

В 70-х годах прошлого века детальным изучением минералогии руд занимались сотрудники ИГАиБМ СО РАН Л.Н.Индолев и Г.Г.Невойса, в 90-х — А.В.Костин и др.

В 1990–2002 гг. в пределах Мангазейского рудного поля Янской ГРЭ (с 1994 г. ГУГПП «Янгеология», с 2006 г. ОАО «Янгеология») проводились детальные поисковые работы. В результате рудное поле в настоящее время можно отнести к классу уникальных объектов с общими ресурсами высоких категорий порядка 40 тыс. т Ag (А.И.Некрасов, 1997 г., 2006 г.). Наибольший вклад в эти работы внесли В.В.Шошин, Ю.Т.Рабандиров, В.А.Малов, С.П.Лобанов, А.В.Костин, Н.П.Задорожный, Н.И.Яковлева и др. Общая характеристика рудного поля приведена в монографии М.М.Константинова с соавторами (2003).

В 40–60-е годы прошлого века открыты и описаны большинство известных в настоящее время серебро-оловянных (Красная Горка, Укачилкан, Кестер, Меникен и др.), оловорудных серебро-содержащих (Кестер, Илин-Тас, Алыс-Хая), серебро-полиметаллических (Прогноз, Этынское, Болбук, Хастыр и др.), золото-серебро-полиметаллических (Нюектаминское, Чочимбальское), свинцово-цинковых серебро-содержащих (Солоночанское) и золото-серебро-колчеданно-полиметаллических (Хотойдох, Авар, Умба) месторождений и проявлений. Их открытие и изучение связано, прежде всего, с развернувшимися в этот период работами на олово и свинец (начало 50-х годов). Меньшая часть объектов была найдена в процессе планомерной государственной съемки м-ба 1:200 000. Характерной особенностью является изученность подавляющего числа месторождений только с поверхности. На глубину оруденение прослежено только на оловорудных серебро-содержащих и серебро-оловянных объектах (Илин-Тас, Укачилкан, Алыс-Хая, Кестер), в единичных случаях на серебро-полиметаллических и свинцово-цинковых серебро-содержащих (Этынское, Солоночанское).

С 1936 г. после открытия оловорудного месторождения Эге-Хая в центральной части Янского



геолого-экономического района были развернуты работы на рудное и россыпное олово. Открыто оловянно-редкометалльное серебросодержащее месторождение Кестер, активно эксплуатировавшееся в период Великой Отечественной войны и несколько лет после нее. Попутная добыча серебра не производилась, хотя известно, что на месторождении оно сконцентрировано как в самородном виде, так и в составе серебряных сульфидов и сульфосолей. Ревизия серебряности месторождения не проведена по настоящее время.

Начиная с 1941 г. осуществлялись интенсивные поиски россыпей и коренных месторождений олова в пределах Дербеке-Нельгесинской и Бургавли-Чалбинской минерагенических зон Янского района. Это привело к открытию олово-серебряных и серебросодержащих проявлений и месторождений — Илин-Тасского, Алыс-Хайского, Красная Горка и др., серебряносный потенциал которых не оценен до сих пор. В связи с изучением флангов открытого в 1949 г. крупнейшего в стране Депутатского оловянного месторождения были выявлены средние по масштабам (1,5–2,5 тыс. т ресурсов высоких категорий) серебро-полиметаллические объекты — Булат, Юбилейное, Ласточка, ревизия которых детальными поисковыми работами была выполнена В.И.Панфиловым в начале 90-х годов прошлого века. Эти месторождения представлены сочетанием сульфидно-кварцевых, кварц-карбонат-сульфидных жил и зон дробления мощностью 1–5, протяженностью в сотни метров с содержаниями Ag 800–1000 г/т. Серебро концентрируется в галените, сфалерите, собственных сульфидах и сульфосолях.

Работы по разведке Депутатского месторождения способствовали изучению всей Полоусненской минерагенической зоны Северо-Янского района и

выявлению крупного серебро-оловянного месторождения Укачилкан, серебряный потенциал которого также недостаточно оценен. На месторождении наблюдается сочетание линейно-штокеркового, прожиково-жильного олово-серебро-полиметаллического и грейзенового серебро-оловянного оруденения. Средние содержания Ag составляют первые сотни грамм на 1 т.

Развитие атомной промышленности обусловило активизацию поисковых работ на свинцовое оруденение, в том числе и на северо-востоке Якутии. В результате целенаправленных поисковых работ выявлены мелкие по масштабам свинцово-цинковые серебросодержащие и серебро-полиметаллические объекты. В Западно-Верхоянской минерагенической зоне одноименного района Г.В.Шульцем открыто Болбукское месторождение, а в Тас-Хаятахской зоне Яно-Адычанского геолого-экономического района Н.А.Богдановым изучены Солончанское и Этынское месторождения. Последнее в 2004 г. переоценено на серебро ГУГПП «Янгеология». Подтверждены его высокие перспективы в качестве серебро-полиметаллического объекта. На флангах Этынского месторождения в силурийских известняках были выявлены пластовые тела стратиформных серебро-полиметаллических руд мощностью до десятков метров. Концентрации Ag в рудах составляют 200–600 г/т.

В 60–80-е годы прошлого века в ходе геологосъемочных работ открыты рудопроявления и месторождения различных формационных типов, однако планомерное изучение серебряности северо-восточной части Якутии не проводилось.

В пределах Средне-Сартангской зоны в 1972 г. (В.С.Прокопьев) открыто месторождение Прогноз, считавшееся на начальном этапе изучения

Схема серебряности Северо-Восточной Якутии:

1 — Сибирская платформа. *Верхоянская складчатая область*. Пассивная окраина Восточно-Сибирского континента; 2 — Верхоянский мегантиклинорий (В), 3 — Сартангский синклинорий (С), 4 — Адычанское складчато-блоковое поднятие. Активная окраина Восточно-Сибирского континента; 5 — Куларо-Нерская зона континентального склона, антиклинорий: К — Куларский, Т — Туостакский, А — Адычанский (восточное крыло), 6 — преддуговые прогибы, синклинорий: П — Полоусненский, ИД — Иньяли-Дебинский. *Индигово-Колымская складчатая область*. Структуры зоны субдукции: 7 — аккреционные поднятия доверхоянского фундамента (нижне-среднепалеозойские терригенно-карбонатные и карбонатные формации): Сл — Селенняхское, Тх — Тас-Хаятахское, 8 — аллохтонные пластины протерозойского офиолитового комплекса (фрагменты океанической коры) — Уяндинская, 9 — позднерюрьские островодужные зоны на палеозойском и мезозойском основании: УЯ — Уяндино-Ясаченская, СП — Северо-Полоусненская, 10 — задуговые и междуговые прогибы (поздняя юра — ранний мел): ИТ — Илин-Тасский, ПВ — Приверхоянский, 11 — совмещенные зоны островных дуг и рифтогенеза длительного развития: СН — Святоноская; 12 — *Новосибирско-Чукотская складчатая область*. Пассивная окраина Гиперборейского (?) континента: Л — Ляховская складчатая зона. Магматические образования: 13 — доколлизийные (внутриплитные) штоки, силлы, дайки офиолитового комплекса (протерозой), базальт-долеритовой (поздний палеозой) и толеитовой (поздняя? юра) серии, 14 — коллизийные интрузии (поздняя юра — поздний мел), 15 — послеколлизийные платформенные эффузивы (поздний мел — палеоген?); 16 — кайнозойские рифтогенные впадины; 17 — кайнозойские рыхлые отложения; разрывные нарушения: 18 — главные коллизийные швы, взбросо-надвиговые зоны; 19 — геолого-экономические районы (ЗВ — Западно-Верхоянский, К — Куларский, Л — Ляховский, СЯ — Северо-Янский, С — Селеняхский, ЯА — Яно-Адычанский); 20 — месторождения серебряные, серебро-полиметаллические (Ag Pb), серебросодержащие оловянные (Sn Ag) и медно-серебряные (Cu Ag); 21 — месторождения крупные до уникальных (а), средние (б), прогнозируемые (в)

свинцово-цинковым с попутным серебром. В северной части Тас-Хаяхтахской зоны установлены серебро-полиметаллические проявления Хастыр и Нахчан (Султанаев, 1982 г.) с богатыми серебро-свинцовыми рудами. Перспективы данного объекта по-прежнему высоки, но его оценка в значительной степени выполнена лишь качественно. В 1967 г. Б.В.Кравцовым и А.В.Алдошиным в центральной части Чемалгинского хребта в поле развития верхнеюрских осадочно-вулканогенных пород в пределах Верхоянских мезозоид обнаружено золото-серебро-колчеданно-полиметаллическое месторождение Хотойдох типа «куроко» (Тектоника..., 2001). Последующие поиски в этом районе (Кравцов, Алдошин, 1969 г., Наумов, 1987 г.) привели к открытию аналогичных перспективных проявлений Авар и Умба.

Важным для планирования в будущем геолого-поисковых работ представляется открытие геологами Янской ГРЭ (Шестеренкин, 1973 г.) и ВАГТ «Аэрогеология» (Кац, 1979 г., Гончаров, 1980 г., Алешко, 1984 г.) золото-серебряного оруденения в меловых вулканитах Белогорского пояса, перекрывающих верхнепалеозойские – нижнемезозойские вулканогенно-терригенные породы Алазейского структурного поднятия. Орудение приурочено к полям метасоматитов (пропилиты, вторичные кварциты), развитым в пределах крупной (>50 км²) палеовулканоструктуры. В адуляр-карбонат-сульфидно-кварцевых жилах и брекчиях содержания Ag достигают 2000 г/т. Структурная позиция оруденения аналогична таковым большинства классических золото-серебряных эпitherмальных месторождений в меловых – четвертичных вулканитах Тихоокеанского пояса.

Наибольшее число сереборудных и серебро-содержащих проявлений, обнаруженных в процессе геолого-съёмочных и поисковых работ, приходится на Западно-Верхоянский сектор Верхояно-Колымских мезозоид. Еще в 1934 г. А.П.Трохачевым были закартированы гранитоидный шток и поля сульфидизированных пород в районе будущего Быйыттахского рудного поля. При последующих работах Л.П.Персиковым (1961 г.), А.Ф.Попадичем (1974 г.), Р.О.Галабалой (1974 г.) установлено широкое развитие олово-серебряного и серебро-полиметаллического оруденения брекчиево- и прожилково-жильного типов в пределах Быйыттахского рудного поля. В непосредственной близости от него Л.П.Персиковым (1961 г.) сделаны первые находки серебро-полиметаллических руд на Хосском рудном поле. В ходе геолого-съёмочных работ В.С.Векlichem (1967 г.) открыто Меникенское олово-серебряное проявление. Позднее исследования

ми Л.Г.Тютюнникова (1974 г.) и Ю.Н.Спомиора (1978 г., 1984 г.) оконтурено Меникенское рудное поле — средний по масштабу комплексный олово-серебро-полиметаллический объект. Хосское, Быйыттахское и Меникенское рудные поля представлены сочетанием широтных (секущих) и меридиональных (субсогласных с напластованием) минерализованных зон дробления и прожилкования (мощность первые метры, протяженность до 1,5–2 км) кварц-сульфидно-карбонатного состава с отдельными линзами массивных полиметаллических руд. Часто такие зоны формируют сближенные пучки с образованием участков линейного штокверкового оруденения. По отдельным сечениям средние концентрации Ag составляют от десятков до 2000 г/т. Серебро концентрируется в аргентите, блеклых рудах и других сложных сульфосолях.

В 1965–1970 гг. в Орулганском сегменте Верхоянского складчато-надвигового пояса при геолого-съёмочных работах В.А.Андреевым, В.А.Буровым, Л.М.Израиловым, Н.В.Сусовым и др. выявлена группа сереборудных проявлений (Верхне-Сынчинское, Менгелюченское, Куоландинское, Южное и др.). Среди них, наряду с находками обычных серебро-полиметаллических руд, значительную часть составили объекты нового для России серебро-блеклорудного минерального типа с главными рудными минералами — блеклой рудой (Ag-содержащим тетраэдритом) и самородным серебром. Наиболее значительным открытием из этой серии стали находки геологами ВАГТ партии В.А.Андреева в 1969 г. богатых медно-серебряных руд в бассейне р. Кимпиче. В среднепалеозойских отложениях Хара-Улахского сегмента были выявлены горизонты красноцветных медистых песчаников. На серебронность проявления медистых песчаников до сих пор не изучены, хотя почти везде в мире с ними связано сопутствующее благороднометальное оруденение (Л.И.Гурская, 2000), в том числе и промышленное серебряное.

С 1987 г. впервые на северо-востоке Якутии начинаются геологоразведочные работы собственно по отрасли «серебро». Вся территория традиционно рассматривалась как преимущественно оловоносная и, соответственно, работы концентрировались на изучении этого металла. Серебро считалось сопутствующим, но не первостепенным компонентом.

Возникшая в середине 80-х годов благоприятная экономическая конъюнктура обусловила необходимость перспективной оценки северо-востока Якутии на серебро. В 1986 г. геологами Янской ГРЭ Якутского ПГО С.И.Пинаевым, Г.Д.Золотиной под руководством главного геолога Л.А.Мусалитина и начальника геологического от-

дела В.М.Левина проведен анализ на серебро имеющихся объектов. Для первоочередных поисковых работ Г.Д.Золотилиной было рекомендовано рудопроявление Прогноз, в настоящее время — крупнейшее месторождение серебра в Якутии с потенциалом (запасы и ресурсы высоких категорий) более 11 тыс. т.

Серебро-полиметаллическое месторождение Прогноз локализовано на сочленении Саргангского синклиория, занимающего крайнее восточное положение в системе Верхоянского складчато-надвигового пояса, и Адычанского складчато-блокового поднятия Яно-Охотского глыбово-складчатого пояса. В минерагеническом отношении оно расположено на юго-западном фланге Дербек-Нельгесинской (или Средне-Саргангской) зоны, характеризующейся вольфрам-оловянным, золото-редкометальным и серебро-полиметаллическим оруденением (см. рисунок).

Первые находки сидерит-галенитовых руд сделаны старшим геологом Ю.Н.Бадархановым при геологической съемке м-ба 1:50 000 (Прокопьев, 1977 г.). Минерализованные зоны были вскрыты отдельными сечениями канав. В результате поисковых работ выявлено 11 минерализованных зон дробления с высокими концентрациями свинца и серебра. По результатам поисковых работ, проведенных Янской ГРЭ, объект был переведен в ранг перспективных на серебро (Задорожный, 1991 г.). Поисково-оценочные работы (Задорожный, Золотилина, 2000 г.) позволили рассматривать его как крупное месторождение с высококачественными серебро-свинцовыми рудами. Кроме основных исполнителей, большой вклад в поисковые и поисково-оценочные работы внесли М.П.Репкин, Р.Ф.Салихов, А.А.Савкуев, Г.П.Задорожный, П.Д.Зомчак, И.Б.Вешторт, Г.М.Садонин, В.С.Мельниченко, В.Н.Лавухин и др. Геологическое строение и руды месторождения Прогноз достаточно полно охарактеризованы в опубликованных работах (Тектоника..., 2001; М.М.Константинов и др., 2003). Объект фактически является эталонным для региона.

В начале 90-х годов, когда стали определяться масштабы серебро-полиметаллического оруденения рудного поля месторождения Прогноз, ГПП «Янгеология» были проведены ревизионные поисковые работы на юго-западном фланге Дербек-Нельгесинской рудной зоны. Опоискованы выявленные в 60-х годах серебро-полиметаллические проявления Медвежье, Сюрприз, Эгелях и др. Эти объекты, будучи мелкими и средними по масштабам оруденения, в будущем можно использовать для расширения минерально-сырьевой базы серебра на основе месторождения Прогноз.

Интересные открытия сделаны в конце 80-х годов геологами Ленской ГРЭ (Вагапов, 1988 г.) в пределах Тас-Хаяхтахского тектонического блока (Яно-Адычанский район). Здесь выявлено и опоисковано рудопроявление Агаткино, отличающееся высокими перспективами перевода в объекты среднего класса с ресурсами 3–5 тыс. т Ag. Установлен также ряд перспективных серебро-полиметаллических прожилково-жилвных проявлений в верхнеюрских вулканитах и среднепалеозойских терригенно-карбонатных толщах.

На месторождении Агаткино минерализованные зоны дробления мощностью до 7 м и протяженностью до 1 км пересекают вскрытый эрозией блок силурийских известняков в поле верхнеюрских вулканитов. В галените, акантите, пираргирите, блеклых рудах содержания Ag 100–1200 г/т. Попутными компонентами, кроме обычных свинца и цинка, являются Au (0,5–2,1 г/т в большинстве рудных тел) и Bi (до 0,64%).

С 1990 г. и по настоящее время в пределах Западно-Верхоянской минерагенической зоны проводятся интенсивные поисковые работы на серебро. До 2001 г. они осуществлялись по программе развития минерально-сырьевой базы Республики Саха (Якутия), а с 2002 г. — по Федеральной целевой программе по геологическому изучению недр Российской Федерации и ее континентального шельфа и воспроизводству минерально-сырьевой базы за счет средств федерального бюджета. Исследования выполнены ГУГПП «Янгеология» в сотрудничестве с академическими (ИГАиБМ СО РАН, СНИИГиМС СО РАН, МГУ) и отраслевыми (ЦНИГРИ Минприроды России) институтами. Весомый вклад в собственно поисковые работы, расшифровку структур рудных полей и изучение минералогии серебра и околорудных изменений внесли сотрудники ИГАиБМ РАН А.В.Костин и Г.Н.Гамянин, ЦНИГРИ Минприроды России М.М.Константинов, В.В.Аристов и др.

Кроме детальных поисков на Мангазейском рудном поле, за этот период были оценены ресурсы серебра высоких категорий Хосского, Быйыттахского, Меникенского, Чочимбальского, Ньюектаминского рудных полей, открыты перспективные проявления серебряных и серебро-полиметаллических руд как в пределах известных Мангазейского, Чочимбальского и Ньюектаминского рудных полей, так и на новых перспективных площадях — Орогондя, Егор, Кус-Кюель и др.

В пределах Мангазейского рудного поля В.В.Шошиным в 1991 г. открыто месторождение Стержневое, представленное окисленной блекло-рудно-карбонатной жилой мощностью 0,6 м и про-

тяженностью 600 м. Жила содержит природный концентрат серебряных руд со средним содержанием Ag около 10 кг/т. В южной части рудного поля выявлены нетрадиционные для Западного Верхоянья штокверковые золото-серебро-медно-порфировые руды (А.И.Некрасов, 2006), залегающие в эксплозивных брекчиях, тоналитах и кварцевых порфирах Эндыбальского субвулкана.

В последние годы усилия были направлены на изучение перспективных проявлений нового для России серебро-блеклорудного минерального типа оруденения в пределах Кимпиче-Берелехского рудного узла. В центральной части Кимпиченского рудного поля с 2007 г. ведутся поисково-оценочные работы, целью которых является перевод объекта в разряд крупных месторождений. Наибольший вклад в эти работы внесли геологи ОАО «Янгеология» А.Н.Федянин, С.А.Соболев, В.Д.Скуба, В.В.Шировков, А.К.Радулевич и др.

Следует отметить, что интенсивное изучение потенциала серебряного оруденения региона в последние 15 лет было бы невозможно без понимания необходимости наращивания минерально-сырьевой базы серебра России со стороны руководителей Геологической службы Якутии А.В.Есипова, В.М.Подчасова, П.Р.Шишигина, Л.Н.Ковалева, Г.С.Иванова, В.А.Янжиншина, а также без поддержки соответствующих органов Минприроды России в лице Б.К.Михайлова, М.З.Зинатуллина, А.И.Кривцова, С.С.Вартаняна.

Таким образом, за последние 60 лет благодаря усилиям нескольких тысяч специалистов на территории Северо-Восточной Якутии изучены практически все известные, имеющие практическую ценность в мире формационные типы серебрянорудных и серебряносодержащих проявлений и месторождений, а также минеральные типы руд.

Оценены запасы категории C_2 , ресурсы высоких категорий на двух крупных объектах — месторождении Прогноз и Мангазейском рудном поле, которые уже переданы недропользователям. Прово-

дятся поисково-оценочные работы на потенциально крупном объекте — Кимпиче-Берелехском рудном поле. Оценены ресурсы высоких категорий на более чем 20 рудных полях и рудопроявлениях. В пределах Западно-Верхоянской минерагенической зоны создана крупнейшая в России резервная база серебра. Здесь на площади около 3000 км² в восьми рудных узлах сосредоточено около 70 000 т прогнозных ресурсов Ag категории P_2+P_1 . Существует реальная перспектива наращивания резервной базы в северном направлении по простиранию главных тектонических и рудоконтролирующих структур Верхоянского пояса.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Меглицкий Н.Т. Геологический очерк Верхоянского хребта и описание месторождений серебро-свинцовых руд на р. Эндыбал // Горный журнал. 1851.

Пятовский К.Я. Серебро-свинцовые месторождения Верхоянского района Якутского горного округа // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым. Якутск, 1927. № 2. С. 3–51.

Смирнов С.С. Рудные месторождения и металлогения восточных районов СССР. – М.: АН СССР, 1962.

Индолев Л.Н., Невойса Г.Г. Серебро-свинцовые месторождения Якутии. – Новосибирск: Наука, 1974.

Сереброносная провинция Западного Верхоянья / А.В.Костин, А.И.Зайцев, В.В.Шошин и др. – Якутск: СО РАН, 1995.

Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.

Константинов М.М., Костин А.В., Сидоров А.А. Геология месторождений серебра. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2003.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.

Некрасов А.И. Золото-серебро-медно-порфировое оруденение Мангазейского серебрянорудного поля (Восточная Якутия) // Рудогенез и металлогения Востока Азии. Якутск, 2006. С. 119–122.

УДК 551.243.8+556.01 (571.56)

© А.И.Некрасов, 2009

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДИФфуЗИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ФЛЮИДА ЗА СЧЕТ АНОМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

А.И.Некрасов (Роснедра)

Сделана попытка количественного обоснования аномального водно-флюидного режима в зонах стрессов (в частности глубинных разломов). Исходя из геологического и гидрогеологического моделирования процессов в таких зонах обосновывается факт избыточного водопритока (или водно-солевого флюида в зонах глубинных разломов) в области сжатия земной коры. Этот процесс может быть одной из причин локализации месторождений полезных ископаемых в стрессовых зонах.

Под зонами стресса в данной работе понимаются шовные зоны складчатых систем, представляющие собой глубинные разломы между различными структурно-формационными зонами. Вдоль таких разломных зон часто локализуются крупные и уникальные гидротермальные месторождения, образующие цепочки (ряды или тренды).

В качестве эталона для оценки некоторых количественных параметров оруденения выбрана коллизионная система Черского (северо-восток Якутии), в шовных зонах которой сосредоточен ряд рудных объектов гидротермального и гидротермально-метасоматического генезиса. Так, с зоной Адыча-Тарынского разлома связаны уникальные золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан, а с трещинными батолитовыми интрузиями разломов Дарпир и Улахан — крупнейшие бороллованные скарновые месторождения.

Водно-флюидный режим зон стресса является аномальным в отличие от фонового в боковых породах. Автором предпринята попытка количественно оценить эту разницу. Количественная оценка пористости, необходимая в расчете, потребовала построения модельной колонны пород коллизионной зоны на момент начала коллизии. Изучены все разновидности пород района (интрузивные, эффузивные, осадочные терригенные и карбонатные, а также уплотненные и неконсолидированные осадки, составляющие 10% модельной колонны). Неметаморфизованные и слабо метаморфизованные осадочные и магматические породы составляют 85%, породы высоких ступеней метаморфизма (нижние горизонты колонны) — 5%. Для качественной оценки возможности диффузии в зону стресса (или из нее) петрогенных компонентов — комплексобразователей растворимых в воде рудных соединений — принималось положение о том, что солевой состав

средней водно-флюидной системы отвечает таковой морской воды.

Прежде чем приступить к расчету, обсудим принципиальную возможность диффузии воды в зону стресса. Если рассматривать зону стресса (шовные зоны коллизионной системы) как область повышенного давления, обусловленного тангенциальным сжатием, то, казалось бы, вода должна «отжиматься» из нее в боковые породы. Однако на практике коллизионные швы характеризуются повышенной трещиноватостью пород, причем каждая трещина создает зону пониженного давления, благоприятную для циркуляции растворов. Механизм «отжимания» водно-солевого флюида в зоны повышенной проницаемости (разломы или пласты-коллекторы) описан Н.И.Ненашевым [18], В.Н.Холодовым [23] и др. Причем миграция водных растворов особенно ярко выражена в элизионных бассейнах [22, 24]. Именно в таких бассейнах накапливаются сложносоставные преимущественно песчано-сланцевые толщи, которые занимают значительный объем в эталонной коллизионной зоне. Элизионный тип катагенеза характеризуется преобразованием газов (CO_2 , NH_4 и др.) и H_2O в глинистых толщах, накоплением в них водного флюида и последующей диффузией его в компетентные зоны повышенной трещиноватости или песчаные пласты-коллекторы. Повышенная температура в зоне стресса активизирует эти процессы.

При количественном расчете воды, диффундирующей в зону стресса, используются соотношения, принятые в гидрогеологии и неоднократно проверенные при испытании скважин. Естественно, что эти соотношения верны до глубин в первые сотни метров (максимум до 2–3 км), с которыми оперируют гидрогеологи. Но за неимением фактических данных по гидрогеологии зон разломов на

больших глубинах и учитывая приведенные выше соображения, допустим, что расчетные формулы верны, в первом приближении, для верхнего этажа земной коры.

При рассмотрении упругой емкости горных пород исходят из основного принципа подземной гидростатики [13]. Тогда полное напряжение по любой единичной площадке в водоносной горной породе при условии одновременной деформации последней представляется в виде:

$$\Delta\delta_n = \gamma \cdot P = -\Delta\delta_s, \quad (1)$$

где $\Delta\delta_n$ — приращение эффективных сжимающих напряжений (в минеральном скелете породы) в пласте на величину P ; γ — удельный вес породы; P — давление одномерной (вертикальной деформации) в области стресса; $\Delta\delta_s$ — изменение суммы напряжений во внутриводной жидкости.

Равенство (1) приемлемо, если поперечные размеры плиты, т.е. области изменения нейтрального давления (в данном случае нейтральное давление равно литостатическому), заметно превышают ее толщину — мощность перекрывающей толщи. Поскольку поперечные размеры стрессовых зон (коллизийных зон, вулканических дуг) обычно не менее десятков-первых сотен километров, а мощность верхнего этажа земной коры на 1–2 порядка меньше, то принцип соблюдается. Тогда при использовании равенства (1) практически можно рассматривать вертикальный столбик обводненных пород единичного объема.

Формула (1) свидетельствует о том, что увеличение давления приводит к упругому сжатию воды в пласте и в конечном счете должно сопровождаться притоком «излишней» жидкости к контурам разгрузки.

Если допустить, что деформация сжатия пласта как следствие тангенциального сжатия при коллизии протекает практически одновременно с изменениями давления и идет только в вертикальном направлении (компрессия), а связь между деформациями и напряжениями линейна [14], т.е. не учитываются гистерезис и влияние реологических свойств пород, то справедливы соотношения:

$$d\varepsilon = d\left(\frac{n}{1-n}\right) = \frac{d(V_n \cdot n)}{V_n \cdot (1-n)} = -a_c \cdot d\delta_s = a_c \cdot d\delta_n = a_c \cdot \gamma dP, \quad (2)$$

где V_n — деформируемый объем водоносной породы, n — плотность пород, ε — коэффициент пористости, a_c — коэффициент сжимаемости породы, а объем минеральных зерен $V_n \cdot (1-n)$ предполагается неизменным в процессе деформирования (т.е. пре-

имущественно консолидированные и регионально метаморфизованные породы верхнего этажа земной коры) в связи с весьма ограниченной сжимаемостью материала минерального скелета.

Изменение давления δ_n вызывает также изменение плотности жидкости и, согласно закону Гука, для воды:

$$E_b = \frac{d\gamma}{\gamma} = d\delta_n = \gamma \cdot dP, \quad (3)$$

где E_b — модуль упругости воды (модуль Юнга), равный $2,2 \cdot 10^9$ Па.

Поскольку масса воды G в пределах объема пород V_n равна $\gamma_n \cdot V_n$, с учетом формулы (2) из формулы (3) получим:

$$\frac{dG}{V_n} = n \cdot d\gamma + \gamma \cdot \frac{d(n \cdot V_n)}{V_n} = \left[\frac{n}{E_b} \cdot \gamma + a_c \cdot (1-n) \cdot \gamma \right] \cdot d\delta_n.$$

Отсюда для изменения объема воды по отношению к рассматриваемому объему породы (т.е. единичному объему, принятому за 100%) имеем:

$$\frac{dV}{V_n} = \frac{dG}{V_n} = (1-n) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{E_b} + a_c \right) \cdot \gamma dP = \eta \cdot dP,$$

где

$$\eta = \frac{\gamma}{1+\varepsilon} \cdot \left(a_c + \frac{\varepsilon}{E_b} \right) = \frac{\gamma}{1+\varepsilon} \cdot (a_c + \varepsilon \cdot \beta) = \gamma \cdot [n + \beta \cdot (a_c \cdot (1-n))],$$

где

$$\beta = \frac{1}{E_b}$$

или

$$\frac{\Delta V_0}{V_n} = \frac{\gamma_0}{1+\varepsilon} \cdot (\varepsilon \cdot \beta + a_c) \cdot \Delta P.$$

Отсюда:

$$\frac{\Delta V_0}{\gamma_0 \cdot V_n} = \frac{1}{1+\varepsilon} \cdot (\varepsilon \cdot \beta + a_c) \cdot \Delta P. \quad (4)$$

В этом соотношении β — коэффициент упругого расширения воды, который представляет собой относительное изменение объема воды при изменении давления на 1 атм [26], причем для пресной воды $\beta_b = 4,75 \cdot 10^{-5}$ атм, а для минерализованной (с минерализацией в г/л), согласно [12]:

$$\beta'_b = (4,75 \cdot 10^{-5} - 7,15 \cdot 10^{-8}) \cdot \frac{M}{\gamma \text{ атм}}$$

Зная минерализацию морской воды ($M=35,0$ г/л) и пренебрегая изменением γ при увеличении температуры и давления, так как это изменение, равное $0,2-0,3$ г/см³, практически не скажется на конечном результате, получаем:

$$\beta = 3,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{атм}} = 3,5 \cdot 10^{-13} \frac{1}{\text{МПа}}.$$

В уравнении (4) a_c — коэффициент сжимаемости скелета или коэффициент уплотнения породы для осадочных пород, залегающих на большой глубине, согласно Н.И.Дружинину [6], можно принимать:

$$a_c = (1-5) \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кгс}, \text{ или } 10^{-3} \frac{1}{\text{МПа}}.$$

В соотношении (4) ϵ — коэффициент пористости:

$$\epsilon = \frac{n}{1-n},$$

где n — пористость пород.

По таблицам Фр.Берча и др. [3], средняя пористость метаморфизированных и неметаморфизированных пород 17,44% с учетом их количественных соотношений в модельной колонне, а для неконсолидированных осадков — 42,408%. Общая средняя пористость всей толщи с учетом всех количественных соотношений пород 19,670%, откуда $\epsilon=0,224$.

Уравнение (4) требует оценки ΔP и ΔT или разности аномальных температур и давления в зоне стресса и средних температур и давления в земной коре. Если принимать во внимание, что большинство батолитов шовных зон хребта Черского сформировались на глубинах 2–5 км [20, 21], а естественной нижней границей их образования является область развития гранито-гнейсовых куполов [5, 16], то средняя глубина, для которой необходимо оценить «фоновые» P и T , составляет 20 км с учетом современного эрозионного среза батолитов в 0,5–3,5 км [4, 17] и современной глубины залегания гранито-гнейсовых куполов 15–25 км [16].

Для оценки средней «фоновой» температуры можно воспользоваться как стандартным геотермическим градиентом, составляющим 30 град/км [2], так и температурами, оцениваемыми по метаморфизму осадочных пород [11] в районах, прилегающих к рассматриваемой аномальной зоне. В любом случае эти температуры не превышают 500–600°C.

При оценке аномальных значений температуры можно использовать выводы А.Мияширо [15] о величине среднего геотермического градиента в 50 град/км в зонах метаморфизма низких давле-

ний (островные дуги с развитыми батолитовыми поясами). По мнению Д.Карига [8], аномальное приращение температуры в мантийной зоне, образующей диапир в земной коре, может достигать 200°C. Это хорошо согласуется с разностью аномальных и нормальных температур, оцененной по геотермическим градиентам и фациям метаморфизма.

В уравнении (4) величина ΔT учитывается в общем случае при определении γ_0 , равного отношению удельных весов воды при аномальной и нормальной температурах. Однако при оцененных выше значениях $\Delta T=200-300^\circ\text{C}$, $T_{\text{аномальн.}}=800-900^\circ\text{C}$ и $T_{\text{норм.}}=500-600^\circ\text{C}$ влияние γ_0 на конечный результат расчета при имеющихся величинах a_c и β будет ничтожно, поэтому отношение

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_1(T_2)}{\gamma_2(T_1)}$$

можно в данном случае принять равным 1, и формула (4) примет вид:

$$\frac{\Delta V_0}{V_n} = \frac{1}{1+\epsilon} \cdot (\epsilon \cdot \beta + a_c) \cdot \Delta P, \quad (5)$$

где ΔV_0 — приращение объема воды в зоне аномального давления; V_n — единичный объем породы, принятый за 100% или за единицу,

$$\text{или } \Delta V_0 = \frac{1}{1+\epsilon} \cdot (\epsilon \cdot \beta + a_c) \cdot \Delta P \cdot 100\%.$$

Оценки нормального давления на глубинах от 2–5 до 20 км по соответствующим метаморфическим фациям осадочных пород [11] дают среднее значение 600–800 МПа. По данным Дж.Дж.Кеннеди [28], на глубинах 12–25 км гидростатическое давление составляет 450–650 МПа. Исходя из условий перехода к гранулитовой фации метаморфизма Дж.Н.Филлипс [29] оценивает давление в 400–600 МПа. Аналогичные значения при температурах 700–720°C получили Дж.Р.Ашворт и Дж.А.Чиннер [27].

Величина (ΔP) — избыточное вертикальное давление в зонах стрессов (субдукции) — оценивалась О.Г.Сорохтиным [19]. В упругопластичном материале, которым является вещество поддвигаемой литосферы, сдвиговые деформации разовьются, как только избыточное давление, создаваемое весом напозлающей плиты, превысит предел прочности пород на скалывание. В этом случае на уровне H_k (критическая глубина) произойдет скол, причем

$$P_k = \tau_{sp}, \quad (7)$$

где P_k — критическое или избыточное стрессовое давление, равное P ; τ_{sp} — предел прочности материала на скалывание.

$$\text{Однако} \quad \tau_{sp} = \tau_s + P_n \operatorname{tg} \varphi, \quad (8)$$

где P_n — нормальное литостатическое давление; φ — угол сухого трения пород (по О.Г.Сорохтину [19], например, для Курильской гряды он равен 14° , хотя в силикатных системах обычно не более 45° , но за счет гидротермальных и метасоматических процессов, создающих как бы слой смазки под движимой плитой, φ уменьшается); τ_s — предел прочности пород.

В случае когда $\tau_{sp} = \tau_n$, где τ_n — касательная напряженность к плоскости поддвигаемой плиты, возникают надвиги и разрывы, т.е. соотношение (8) верно для момента коллизии двух плит и формирования покровно-чешуйчатых структур. Из уравнения (8) избыточное давление (ΔP) на погружающуюся плиту (при $\tau_s = \Delta P$), по оценке О.Г.Сорохтина [19], составляет 56 МПа.

Зная значения ΔP , ε , β и a_c , из уравнения (6) можно определить, что количество воды, диффундирующее в зону аномальных давлений и температуры, составляет 4,5% от общего объема обводненных пород или 7% от объема сухой части системы, принятой за 100%.

Уместно рассмотреть вопрос о возможности переноса с диффундирующей водой петрогенных элементов, так как в результате может измениться количественная оценка процесса. Как отмечено в работах В.М.Левченко и др. [10], Г.Н.Батурина [1], содержания Si, Al и Fe в современной морской воде ничтожны, а повышенное содержание Na, Mg, Ca и K обусловлено их растворимостью в форме солей. Но при высоких температурах и давлениях, как показали В.Ю.Чевычелов [25], И.Ф.Кравчук и др. [9], катионы флюида (Na, K) обмениваются с катионами сухой части системы (расплава) — K, Na, Ca, Mg и Fe. Коэффициенты распределения между существенно натрий-хлоридным флюидом с концентрацией 1–4 М NaCl и расплавом для Si и Al практически равны нулю, для Mg они ничтожны, для Na, K, Ca и Fe значительны, соответственно до 2,31, до 1,40, до 0,64 и до 1,92. Однако учитывая диффузию в зону стресса лишь 7% воды от общего веса системы, влиянием переноса породообразующих элементов можно пренебречь. При этом надо помнить, что распределение воды в толще и ее диффузия в зону стресса неравномерны (наличие водоносных горизонтов, зон трещиноватости и дробления пород), поэтому изменение состава привносимого флюида за счет катионного обмена может быть ощутимым.

Полученное значение диффузии водного флюида в зону стресса представляется внушительным, учитывая огромные массы и объемы пород, через которые проходит флюид. Таким образом, количественно аномальный водно-флюидный поток через зоны разломов может служить одной из причин локализации в них крупных рудных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батурин Г.Н. Коэффициенты распределения элементов в океане // Докл. АН СССР. 1988. Т. 299. № 3. С. 721–723.
2. Белоусов В.В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1989.
3. Берч Фр., Шерер Дж., Снайсер Г. Справочник для геологов по физическим константам. — М.: ИЛ, 1949.
4. Гусев Г.С., Мокшанцев К.Б., Третьяков Ф.Ф. Разломная тектоника территории Якутской АССР // Разломы Верхояно-Чукотской складчатой области. Якутск, 1976. С. 15–28.
5. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозойд. — М.: Наука, 1979.
6. Дружинин Н.И. Метод электродинамических аналогий и его применение при исследовании фильтрации. — М.: Госэнергоиздат, 1956.
7. Зоненшайн Л.П. Глобальная тектоника, магнетизм и металлогения. — М.: Недра, 1976.
8. Кариг Д. Происхождение и развитие окраинных бассейнов Западной части Тихого океана // Новая глобальная тектоника. М., 1974. С. 266–288.
9. Кравчук И.Ф., Малинин С.Д., Дорфман А.М., Сенин В.Г. Экспериментальное исследование распределения петрогенных элементов между силикатным расплавом и водно-солевым флюидом при 900°C и 2 кбар // Геохимия. 1987. № 2. С. 192–202.
10. Левченко В.М., Левченко А.М., Березовская В.А., Ляндзберг Р.А. Распределение фосфатов и кремниевой кислоты в водах Авачинской губы // Гидрохимические материалы, 1982. С. 55–59.
11. Маракушев А.А. Петрография. Т. I. — М.: МГУ, 1976.
12. Мамуна В.Н. К расчету сжимаемости подземных вод // Тр. Всесоюзного нефтегазового ин-та. 1958. Вып. 15. С. 217–218.
13. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидромеханики. — М.: Наука, 1974.
14. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. — М.: Недра, 1978.
15. Мияширо А. Метаморфизм и связанный с ним магнетизм в свете положений тектоники плит // Новая глобальная тектоника. М., 1974. С. 204–245.

16. *Натапов Л.М.* Объяснительная записка к геологической и тектонической картам СССР м-ба 1:100 000. Лист Q-54-I-II. – М.: ВАГТ, 1987.
17. *Некрасов И.Я.* Геохимия олова и редких элементов Верхояно-Чукотской складчатой области. – М.: Наука, 1966.
18. *Ненашев Н.И.* Магнетизм и развитие рудномагнетических узлов Восточной Якутии. – Новосибирск: СО Наука, 1979.
19. *Сорохтин О.Г.* Глобальная эволюция Земли. – М.: Наука, 1974.
20. *Трунилина В.А.* Геология и рудоносность позднеме-зойских магматических образований Северо-Востока Якутии. – М.: Наука, 1992.
21. *Флеров Б.Л., Трунилина, В.А., Яковлев Я.В.* Оловянно-вольфрамовое оруденение и магматизм Восточной Якутии. – М.: Наука, 1979.
22. *Холодов В.Н.* Новое в понимании катагенеза. Элизийский катагенез // Литология и полезные ископаемые. 1982. № 5. С. 15–32.
23. *Холодов В.Н.* Формирование газодных растворов в песчано-глинистых толщах элизийских бассейнов // Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. М., 1983. С. 28–44.
24. *Холодов В.Н.* Постседиментационные преобразования в элизийских бассейнах (на примере Восточного Предкавказья) // Тр. ГИН АН СССР. 1983. Вып. 372.
25. *Чевычелов В.Ю.* Магма и магматические флюиды // Тез. докл. Черноголовка, 1985.
26. *Шестаков В.М.* Динамика подземных вод. – М.: МГУ, 1979.
27. *Ashworth J.R., Chinner G.A.* Coexisting garnet and cordierite in migmatites from the Scottish Caledonides // Contrib. Miner. Petrol. 1978. Vol. 65. P. 379–394.
28. *Kennedy G.G.* The hydrothermal solubility of silica // Econ. Geol. 1944. Vol. 39. P. 3–10.
29. *Phillips G.N.* Water activity changes across an amphibolite-granulite facies transition. Broken Hill, Australia // Contrib. Miner. Petrol. 1980. Vol. 75. P. 377–386.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



УДК 553.411 (470.323)

© Н.М.Чернышов, В.С.Кузнецов, С.В.Петров, О.Г.Резникова, 2009

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ СТОЙЛЕНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

**Н.М.Чернышов, В.С.Кузнецов (ГОУ ВПО ВГУ), С.В.Петров (СПбГУ),
О.Г.Резникова (ГОУ ВПО ВГУ)**

В гравитационном концентрате минералого-технологических проб железистых кварцитов и сланцев Стойленского месторождения КМА электронно-микроскопическими исследованиями установлены формы нахождения самородного золота, а также минералы Bi и Te (сульванит, петцит, волынскит, мутманнит, мальдонит, гессит и др.), содержащие Au и Ag . В сланцах обнаружено самородное золото с серебряной лигатурой — с пониженной (800–820‰) и повышенной (>850‰) пробой, в кварцитах — медистое и высокопробное золото с серебряной лигатурой. Значительные концентрации Au сосредоточены также в сульфидах (пирите).

Растущие потребности в благородных металлах и истощение сырьевой базы выдвигают проблему альтернативных или новых нетрадиционных их источников. Особое значение приобретают железорудные месторождения, связанные с докембрийской железисто-кремнистой и кремнисто-матабазитовой формациями древних платформ и щитов на всех континентах мира, обеспечивающих 57% зарубежной и 58% отечественной добычи железа [11]. Железистые кварциты, слагающие в пределах всех континентов Земли крупные и уникальные месторождения, включают около 5% общего числа промышленных золоторудных объектов. Существенный объем добычи золота обеспечивают стратиформные месторождения железистых кварцитов [1, 4, 9, 11].

В пределах КМА выделяются [12] железисто-кремнисто-гнейсовая, железисто-кремнисто-матабазитовая, железисто-кремнисто-сланцевая и железисто-кремнисто-кластогенная формации, последовательно сменяющие друг друга в геологическом разрезе. Первые две формации отождествляются с архейской формацией Альгома-типа. Третья (железисто-кремнисто-сланцевая формация раннего протерозоя) соответствует формации типа оз. Верхнее. С железистыми кварцитами практически всех типов связаны проявления благороднометалльного оруденения, иногда образующие средние по масштабам собственно золоторудные месторождения с содержа-

нием Au до 5–10 г/т и запасами до 10 т и более [9, 11]. Наиболее значительные ресурсы благородных металлов связаны с железисто-кремнисто-сланцевой формацией (в объеме курской серии), включающей около 60 суперкрупных (Михайловское, Лебединское) и гигантских (Коробковское, Стойленское, Стойло-Лебединское) месторождений. Две трети разведанных запасов железных руд России сосредоточены в этих месторождениях [2], которые отрабатываются тремя ГОКа, вырабатывающими более 50% добываемого в стране железорудного сырья.

Среди разнообразных по составу железных руд названных месторождений КМА выделены четыре генетических типа золото-платинометалльного оруденения — осадочно-метаморфогенный, метаморфогенно-метасоматический (стратиформный), гидротермально-метасоматический и гипергенно-метасоматический [8]. Месторождения каждого типа характеризуются специфическими условиями локализации, морфологией и масштабами рудных залежей, типом минерализации, содержанием благородных металлов и практической значимостью.

Месторождения осадочно-метаморфогенного типа занимают обширные площади в пределах всех месторождений железистых кварцитов. Содержания Au и платиноидов низкие (Au 0,02 г/т, ЭПГ до 0,05 г/т [7]). Наиболее ранние и незначительные по степени распространенности сульфиды (\pm пирро-

тин) представлены тонкой эмульсионной (0,02–0,04 мм) послойной вкрапленностью. Стратиформное метаморфогенно-метасоматическое оруденение приурочено к зонам контакта толщи углеродистых сланцев верхнестойленской подсвиты с перекрывающимися безрудными и слаборудными кварцитами нижней железорудной подсвиты коробковской свиты курской серии и внутрирудных углеродсодержащих сланцев с син- и эпигенетической сульфид-

ной (пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит) минерализацией. Рудные залежи характеризуются пирит-пирротин-халькопирит-галенитовым парагенезисом и повышенными концентрациями Au (0,54–6,18 г/т), Pt (0,12–0,30 г/т) и Pd (0,58–0,77 г/т). На отдельных участках слаборудные гематитсодержащие кварциты (с содержаниями Au от десятых долей до первых грамм на 1 т) могут быть классифицированы как руды золота [4]. Оруденение этого благороднометалльного

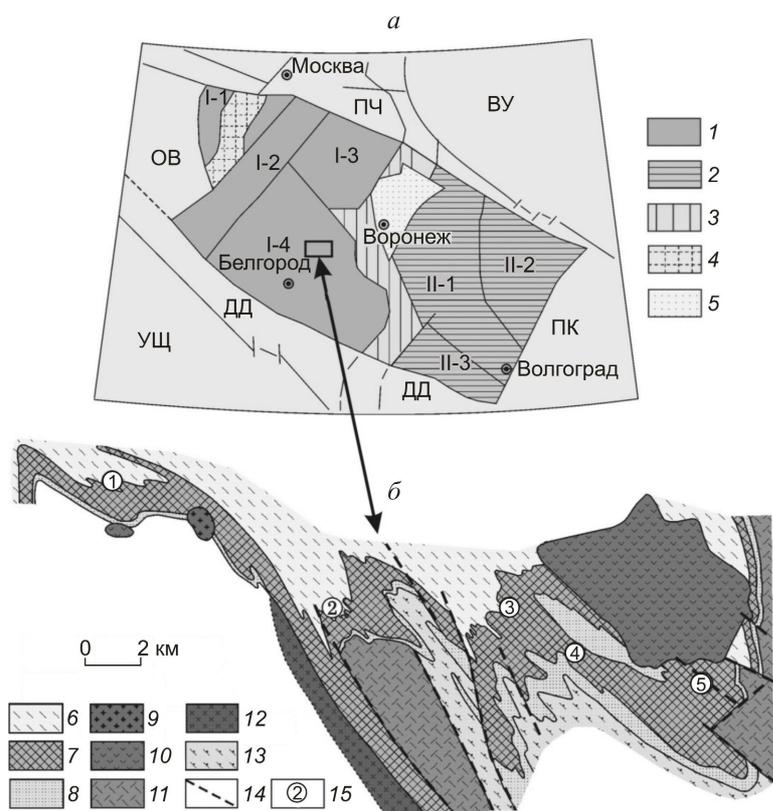


Рис. 1. Схема структурно-формационного районирования Воронежского кристаллического массива (а), по [5] и схематическая геологическая карта Старооскольского железорудного узла (б), по [2]:

ВУ — Волго-Уральский сегмент, ПЧ — Пачелмский авлакоген, ПК — Прикаспийская впадина, ДД — Днепровско-Донецкий авлакоген, УЩ — Украинский щит, ОВ — Оршанская впадина; 1 — мегаблок КМА (I-1 — Красногорско-Рославльский, I-2 — Брянский, I-3 — Ливенско-Ефремовский, I-4 — Курско-Белгородский макроблоки); 2 — Хоперский мегаблок (II-1 — Калач-Эртильский, II-2 — Камышинский, II-3 — Варваринский макроблоки); 3 — Лосевская шовная зона; 4 — Волыноско-Двинский вулканоплутонический пояс; 5 — Ольховско-Шукавская грабен-синклиналиная структура; курская серия, коробковская свита: 6 — верхняя сланцевая подсвита, $PR_1^1kr_4$, 7 — верхняя и нижняя железорудные подсвиты с внутрирудной (нижней) сланцевой подсвитой, $PR_1^1kr_{3-1}$; 8 — кварцитопесчаники, кварц-сланцевые сланцы стойленской свиты, PR_1^1st ; 9 — микроклиновые граниты атаманского комплекса, γPR_1^2a ; 10 — габбро-диориты, кварцевые диориты стойло-никалаевского комплекса, $\gamma \delta PR_1^1sn$; 11 — гранитоиднейсы, мигматиты, гнейсы, прослои и линзы амфиболитов нерасчлененного гранитоидного комплекса, $m\gamma AR-PR_1^1$; 12 — плагиограниты салтыковского комплекса, $\gamma AR_2s!$; 13 — михайловская серия, AR_2mh ; 14 — разломы; 15 — месторождения (1 — Панковское, 2 — Коробковское, 3 — Лебединское, 4 — Стойло-Лебединское, 5 — Стойленское)

наиболее крупнообъемного по запасам и ресурсам типа приурочено в пределах Михайловского рудного района к протяженной (>70 км) и мощной (40–90 м) зоне контакта ритмично-слоистой толщи углеродсодержащих сланцев стойленской свиты с перекрывающимися безрудными и слаборудными кварцитами нижней железорудной толщи курской серии [7, 8]. В разной мере оно проявляется на месторождениях (Лебединское, Стойленское, Коробковское, Стойло-Лебединское) Старооскольского рудного узла (рис. 1).

Объекты гидротермально-метасоматического типа, пространственно нередко сопряженные с зоной стратиформного оруденения, контролируются отдельными разломами или их сериями с интенсивным проявлением разрывных дислокаций (трещиноватость, брекчирование, объемный катаклиз) и разнообразных по составу метасоматитов (калишпат-пирит-кварцевые, сульфидно-силикатно(биотит, амфиболы, в том числе щелочные, эгирин)-кварцевые и др). В поясе разломов протяженностью >7 км Лебединского месторождения установлена интенсивно сульфидизированная минерализованная зона мощностью до 40 м с рудными кварцевыми жилами и штокверковыми участками золото-платиноидной (Au 0,6–6,2 г/т, иногда до 35,8 г/т, МПП до 0,3–0,5 г/т) и платиноидно-золото-полиметалльной (Pb 0,5–33,4%, Zn 0,4–1,2%, Au до 2,2 г/т, Ag десятки грамм на 1 т, МПП до 0,3 г/т) минерализации. На Коробковском месторождении вскрыты железистые кварциты с

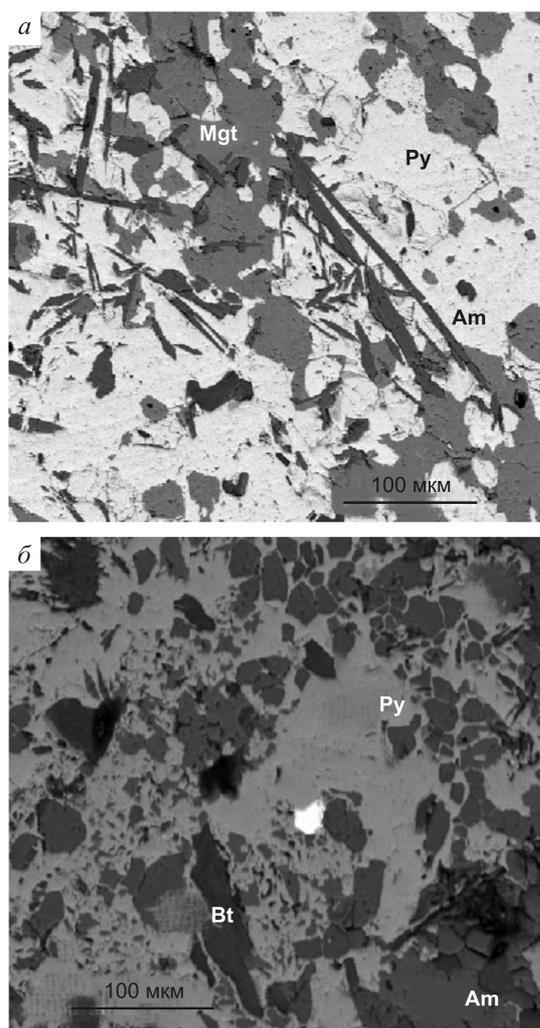


Рис. 2. Интенсивно сульфидизированные слабрудные кварциты с актинолитом (а) и брекчированный амфибол-биотит-кварцевый сланец, цементированный пиритом (б):

изображение BSE; яркое включение — галенит (15 мкм); здесь и далее Py — пирит, Mgt — магнетит, Bt — биотит, Am — амфибол

обильными кварцевыми и кварцево-сульфидными жилами, содержащими Au 2,94 г/т на мощность 2,55 м (в отдельных пробах до 4,14 г/т на мощность 0,45 м). Ряд различных по мощности зон (от 25,8 до 45,1 м при среднем содержании Au 0,3 г/т, в единичных случаях до 5,4 г/т Au на мощность 0,4 м и 10,9 г/т Au на мощность 0,2 м) установлен в мартитизированных и сульфидизированных кварцитах на Панковском месторождении.

Гипергенно-метасоматическое оруденение ассоциирует с линейными корами выветривания железистых кварцитов, образуя «карманы», линзо- и жилообразные секущие тела в сидерито-гематитовых и сидерит-гидрогетит-мартитовых рудах

1. Содержания Au в породах Стойленского месторождения

Пробы	СТ-18	СТ-39	СТ-105	СТ-9
Породы	Сульфидизированные межрудные сланцы		Железистые кварциты	
Аu, г/т	0,35	0,15	1,75	0,35

Примечание. Пробы СТ-105 и СТ-18 проанализированы в лаборатории ЗАО «РАЦ Механобр Инжиниринг Аналит». СТ-9 и СТ-39 — в лаборатории ИГЕМ РАН.

Олимпийского (Au до 2,4 г/т), Чернянского (Au 5 г/т, на мощность 3,8 м) и других участков с содержанием Au 0,6–4,3 г/т, иногда до 41,7 г/т [8].

Основной объект исследований — Стойленское железорудное месторождение (см. рис. 1), в пределах которого золоторудная минерализация выявлена ранее [3] в интенсивно катаклазированных и брекчированных, пронизанных сетью кварц-карбонатных прожилков железистых кварцитах и их сульфидизированных разновидностях на контакте с дайками диоритовых порфиритов. Это месторождение, располагающееся в Старооскольском рудном узле на южном замыкании Тим-Ястребовской золото-платиноносной рифтогенной структуры, сложено мощной толщей (~1000 м) курской серии. Последняя включает кварцитопесчаники и кварцево-слюдяные сланцы стойленской свиты и перекрывающие ее отложения коробковской свиты с двумя железорудными подсвитами и нижней сланцевой подсвитой [2].

Нижняя железорудная подсвита развита в периферических частях месторождения. Ее мощность 200–270 м, в восточном борту месторождения она понижается до 100 м и менее. В кровле и подошве залегают малорудные кварциты мощностью от 2 до 32 м. В разрезе преобладают магнетитовые и силикатно-магнетитовые кварциты, в подчиненном количестве присутствуют железослюдково-магнетитовые кварциты, более распространенные в прогибах рудоносной структуры. Мощность перемежающихся слоев минеральных типов кварцитов колеблется от первых до 84 м. Нижняя сланцевая подсвита сложена кварц-биотитовыми и кварц-серицит-биотитовыми сланцами, постепенно сменяющимися по мере приближения к Стойло-Николаевскому массиву кварц-андалузит-слюдистыми, реже гранат-биотитовыми и амфибол-гранат-биотитовыми разновидностями. Верхняя железорудная подсвита слагает центральную и северо-восточную части месторождения. Ее разрез представлен переслаивающимися пачками магнетитовых, силикатно-магнетитовых и в резко подчиненном количестве железослюдково-магнетитовых кварцитов общей

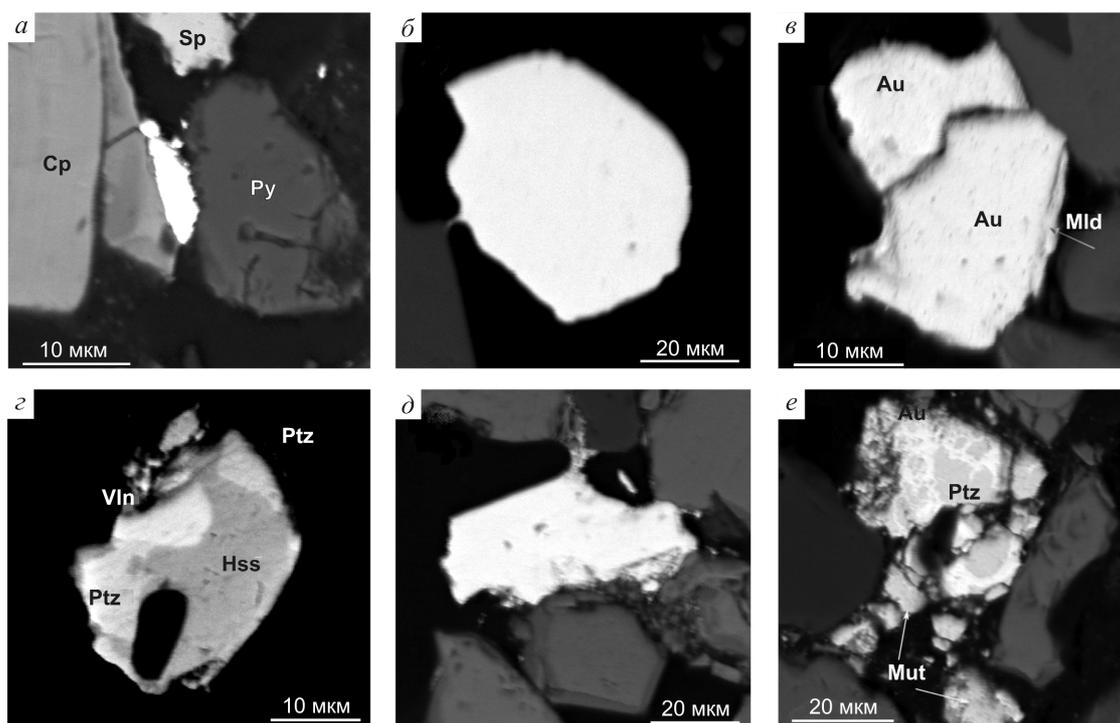


Рис. 3. Формы выделения самородного золота и сопутствующих минералов из тяжелой фракции концентрата пробы СТ-18:

a — пластинчатое золото в сростании с халькопиритом (Cp) на границе с пиритом (Py), вверху светло-серое зерно сфалерита (Sp); *б* — кристалл высокопробного самородного золота; *в* — сростание самородного золота различного состава (сверху золотина с пробностью 955%, внизу — 819%), на периферии более низкопробного зерна оторочка мальдонита (Mld); *г* — сросток теллуридов благородных металлов петцита (Ptz), гессита (Hss) и волынкита (Vln); *д* — кристалл сильванита (в центре); *е* — замещение петцита самородным золотом и мутманнитом (Mut)

мощностью ~300 м. В подошве и кровле залегают пачки малорудных кварцитов мощностью до 20 м. Верхняя сланцевая подсвета на месторождении отсутствует [2].

В ходе полевых работ в карьере Стойленского месторождения отобраны образцы и малые технологические пробы железистых кварцитов и межрудных сланцев различных типов (табл. 1). Желе-

зистые кварциты из верхней железорудной подсветы представлены сульфидизированными малорудными клинохлор-актинолит-кальцитсодержащими кварцитами (проба СТ-105; рис. 2, *a*), сульфидизированными силикатно-магнетитовыми кварцитами щелочноамфибол-биотит-актинолитового (СТ-9) и биотит-куммингтонитового (СТ-39) парагенезисов.

2. Химический состав Au по данным микрорентгеноспектрального анализа, мас. %

Пробы	СТ-18		СТ-105	
	Низкопробное (1-я генерация)	Высокопробное (2-я генерация)	Медистое (1-я генерация)	Высокопробное (2-я генерация)
Число определений	8	13	7	18
Au	$\frac{80,28-90,04}{86,64}$	$\frac{90,23-98,09}{93,54}$	$\frac{74,88-83,79}{80,05}$	$\frac{91,82-99,11}{95,13}$
Ag	$\frac{9,77-19,03}{13,06}$	$\frac{0,81-9,22}{5,92}$	$\frac{0-22,9}{6,09}$	$\frac{0,65-7,59}{3,57}$
Cu	-	$\frac{0,64-0,71}{0,10}$	$\frac{0-24,33}{13,57}$	$\frac{0-7,25}{1,09}$

Примечание. Числитель — колебания содержаний, знаменатель — среднее содержание элемента.

3. Химический состав минералов Au, Ag, Te, Bi в пробах сульфидизированных сланцев и железистых кварцитов Стойленского месторождения КМА по данным микрорентгеноспектрального анализа, мас. %

Минералы	Число анализов	Au	Ag	Bi	Te	S	Cu	Pb	Сумма
<i>Сульфидизированные сланцы (СТ-18)</i>									
Золото самородное	14	<u>90,04–98,09</u> 93,31	<u>0,81–9,70</u> 6,20				0,64–0,71 (единичные случаи)		100,18
	7	<u>80,28–89,84</u> 86,15	<u>10,07–19,03</u> 13,53						99,68
Сильванит	1	26,449	12,11		61,81				100,34
	2	32,75	7,96		59,24				99,95
Петцит	1	25,296	41,446		32,786				99,528
		25,59	41,47		32,65				99,71
		25,884	41,494		32,64				100,02
		26,17	41,18		32,63				99,98
		26,12	41,20		32,52			99,84	
Вольнскит	1		19,08	36,524	43,98				99,584
Мутманнит	1	34,51	19,87		46,02				100,40
Мальдонит	1	63,22	2,51	33,89					99,62
Гессит	1		62,66		36,94				99,60
Цумоит	1			61,87	38,77				100,64
Хедлиит	1			80,30	20,02				100,32
Алгаит	1				36,52	0,55		63,12	100,19
					36,87		62,23	99,10	
<i>Сульфидизированный железистый кварцит (СТ-105)</i>									
Золото самородное	18	<u>90,26–99,11</u> 95,13	<u>0,81–7,59</u> 3,57				<u>0,00–7,25</u> 1,01		99,70
	2	<u>76,88–83,79</u> 80,34	<u>16,16–22,90</u> 19,59						99,93
	5	<u>74,86–85,63</u> 79,93	<u>0,00–1,87</u> 1,19				<u>12,47–24,33</u> 19,0		100,12
Висмут самородный	1			99,62					99,62
				98,14	1,46				99,60
Жозеит (жозеит А)	1			80,42	13,04	5,83	(Se 0,78)		100,07
				81,44	12,75	5,93		100,12	
				81,12	12,05	7,01		100,18	
Тетрадимит	1			60,31	36,30	4,57			101,18
				59,12	36,11	4,49			99,72
Висмутин	1			80,83		17,96	(Se 0,60)		99,32
Лиллианит	1			34,91		15,28		49,41	99,61

Пр и м е ч а н и е. Числитель — пределы содержаний, знаменатель — среднее содержание элемента. Химические составы минеральных фаз получены М.Д.Толкачевым (ИГГД РАН) с помощью энергодисперсионного детектора LINK AN 10000.

Межрудные сланцы представлены двумя типами. К первому отнесены слабо сульфидизированные кварц-биотитовые филлитовидные углеродсодержащие (1–3% углеродистого вещества) сланцы нижней сланцевой подбиты коробковской свиты, отобранные в северной и восточной частях карьера. Из сульфидных минералов наиболее распространены пирит и пирротин. Второй тип — брекчированные интенсивно сульфидизированные кварц-амфибол-биотитовые сланцы зоны контактов сланцевой и железорудной подбит с наложенной карбонатизацией и окварцеванием. Породы подвержены метасоматиче-

ским изменениям, выраженным в развитии железистого хлорита по периферии зерен флогопита. Реже среди метасоматически измененных пород встречаются участки сплошных актинолититов, в которых преобладает пиритовая минерализация с мелкими включениями пирротина, халькопирита, арсенипирита, галенита и сфалерита (см. рис. 2, б).

Наиболее высоким содержанием золота характеризуются интенсивно сульфидизированные слабрудные кварциты (проба СТ-105) и сланцы (проба СТ-18), отобранные в зоне контакта железорудной и сланцевой подбит и относящиеся к мета-

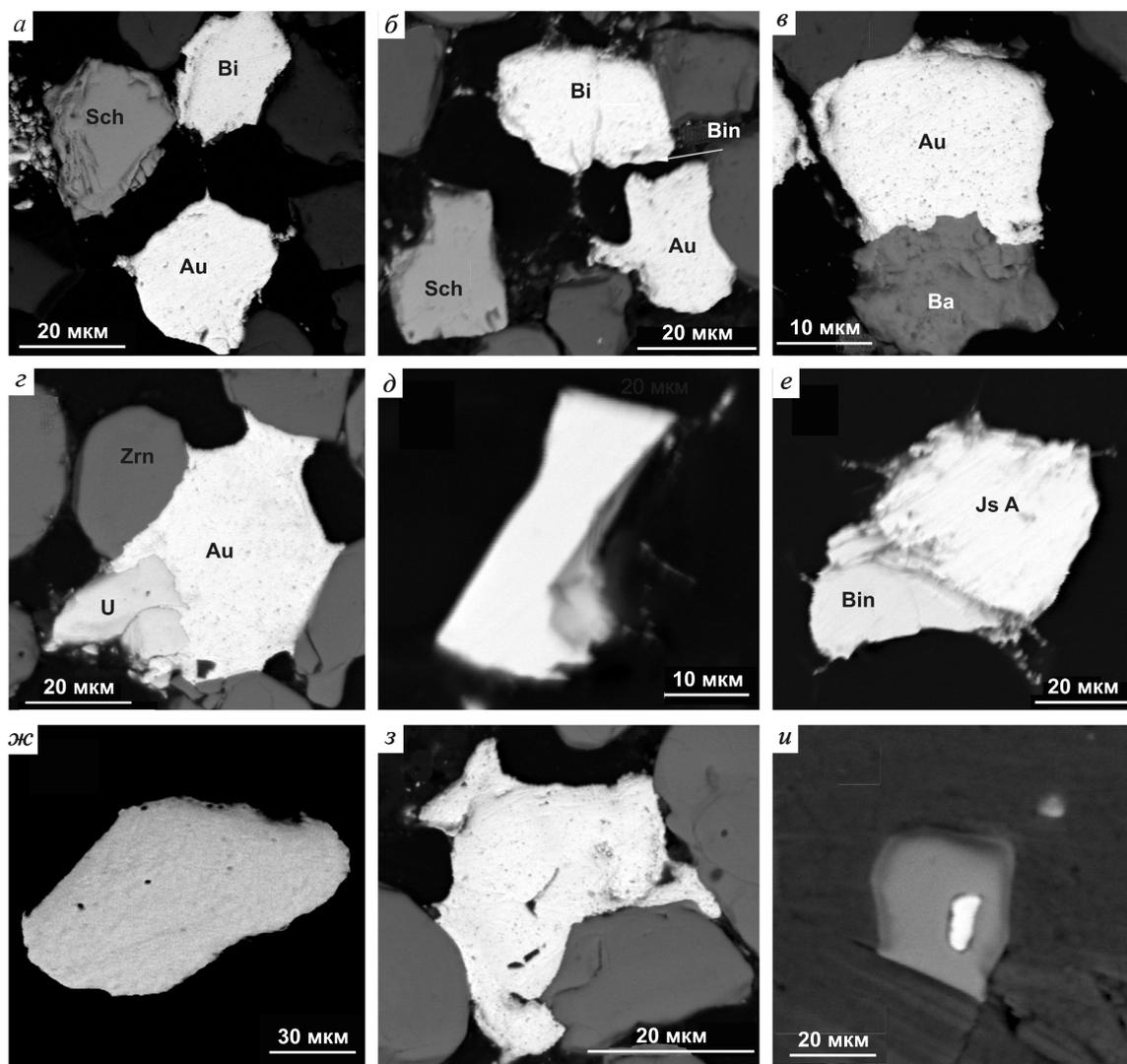


Рис. 4. Формы выделения самородного золота и сопутствующих минералов из тяжелой фракции концентрата пробы СТ-105:

a — зерна золота, самородного висмута, шеелита (Sch); *б* — зерна золота, висмута в сростании с висмутитом (Bin) и шеелитом; *в* — сростание золота с баритом; *г* — золото в ассоциации с уранинитом и цирконом (Zrn); *д* — кристалл лиллианита (в центре); *е* — сростание висмутита (Bin) и жозеита А (Js А); *жс* — зерно самородного золота с примесью меди (видна тонкая структура распада); *з* — зерно самородного золота; *и* — включение самородного золота в пирите (хлорит-карбонатный метасоматит)

морфогенно-метасоматическому (стратиформному) типу благороднометалльного оруденения [8].

Для выявления минеральных форм нахождения благородных металлов две малые технологические пробы (СТ-18, СТ-105) обработаны по известной методике [10], включающей измельчение, гравитационную и магнитную сепарацию. Из полученного гравитационного концентрата изготовлены препараты для микрорентгеноспектральных исследований.

В препарате пробы СТ-18 обнаружены сотни зерен самородного золота с серебряной лигатурой,

разделенные на две группы — с пониженной пробыностью (800–820‰), более редкая, и с повышенной (>850‰) (табл. 2; рис. 3, *a*, *б*). Более низкопробное золото образуется позже высокопробного, поскольку приурочено к периферическим зонам и ассоциирует с низкотемпературными минералами, такими как мальдонит (см. рис. 3, *в*). В ассоциации с минералами благородных металлов в пробе наблюдаются барит и монацит.

В процессе микроскопического исследования пробы СТ-18, помимо сульфидных минералов (пи-

4. Результаты гравитационной сепарации благороднометалльносодержащих железистых кварцитов Стойленского месторождения

№№ п/п	Продукт разделения пробы	Выход, мас. %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
1	Концентрат доводки немагнитного продукта	0,061	1160	40,23
2	Хвосты доводки немагнитного продукта гравитационного концентрата	1,22	32,2	22,56
3	Итого: немагнитная фракция гравитационного концентрата (1+2)	1,29	85,39	62,79
4	Магнитная фракция	2,34	7,50	10,04
5	Итого: промпродукт доводки (2+4)	3,56	15,99	32,60
6	Итого: гравитационный концентрат (3+4)	3,63	35,1	72,83
7	Промпродукт гравитационного концентрирования	10,54	1,9	11,45
8	Хвосты гравитации	85,84	0,32	15,72
9	Итого: исходная проба (6+7+8)	100	1,748	100

рит, халькопирит, галенит, сфалерит), установлены самородный висмут, теллуриды висмута, алтаит, цумоит, петцит, самородное золото и сильванит. При изучении тяжелых фракций гравитационного концентрата проб, кроме перечисленных минералов, обнаружены волинскит, мутманнит, мальдонит, гессит (табл. 3; см. рис. 3, *z-e*).

В тяжелой фракции концентрата пробы СТ-105 обнаружены сотни зерен самородного золота. Выделены две генерации последнего: медистое золото (рис. 4, *ж*; см. табл. 2) с содержанием меди от долей процента до Au_2Cu и $AuCu$ (тетрааурикуприт), по всей вероятности, это наиболее ранняя малораспространенная его генерация; более широко представленное высокопробное золото (рис. 4, *з*; см. табл. 2) с серебряной лигатурой (920–990‰, редко 840–760‰).

Для самородного золота характерны изометрические формы, правильные сечения в препаратах. В одном из кубических кристаллов пирита отмечено мельчайшее включение высокопробного самородного золота (см. рис. 4, *и*).

В ассоциации с самородным золотом обнаружены сотни зерен минералов висмута (по мере сни-

жения распространенности) — самородный висмут, висмутин, тетрадимит, реже жозеит (жозеит А) и лиллианит (см. табл. 3; см. рис. 4, *a-e*), а также шеелит (см. рис. 4, *б*), барит (см. рис. 4, *в*) и уранинит (см. рис. 4, *г*), содержащий значительную примесь радиогенного свинца.

В результате исследований установлены многократное обогащение (табл. 4, 5) различных продуктов технологических проб (концентрат и хвосты доводки немагнитного продукта, магнитной фракции, флотационного концентрата и др.) золотом и высокая степень его извлечения — от 62,8% в немагнитной фракции до 95,8% в объединенном концентрате гравитационно-флотационного продукта.

На основе новых данных о широком развитии в рудах и породах Стойленского месторождения различных генераций золота и его ассоциаций с теллуридами и висмутидами дополнен ряд последовательно сформировавшихся в различных температурных условиях минеральных парагенезисов [8]: золото-креннерит-мутманнит-пирит (T 380–300°C), золото-полиметаллический (Au –петцит–борнит–галенит; T 280–180°C), Au –петцит–волинскит–висмутин–мальдонит (T 250–150°C и до 120–

5. Результаты гравитационно-флотационного обогащения благороднометалльносодержащих железистых кварцитов Стойленского месторождения

Технологический продукт	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
Концентрат доводки немагнитного продукта гравитационного концентрата	0,08	1100	51,54
Флотационный концентрат	32,65	2,37	44,23
Объединенный концентрат	32,73	5,12	95,77
Отвальные хвосты	67,27	0,11	4,23
Исходная проба	100	1,75	100

100°C) при появлении в этом парагенезисе маккинстриита [6, 8].

Новые данные о широком развитии в рудах и породах Стойленского месторождения золоторудной минерализации и формах нахождения золота позволяют выбрать реальные технологии их (и их техногенных продуктов) попутного извлечения из железорудных толщ КМА, выступающих в качестве уникального крупномасштабного источника золото-платинодобычи в Центральной России.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы» (НШ-2211.2008.5) и РФФИ, грант № 08-05-00158а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунай Е.И., Белых В.И., Плужников И.Ф. Состояние, проблемы и задачи по развитию и укреплению минерально-сырьевой базы Центрального Черноземья России (на примере Белгородской области) // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 1998. № 6. С. 131–142.
2. Железные руды КМА / Н.И.Голикин, Н.Д.Кононов, В.П.Орлов и др. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.
3. Кушнеренко В.К., Шувалов Ю.М., Мятлин В.М. Золото и другие элементы в железорудных месторождениях КМА (к проблеме комплексного использования) // Региональная геология и металлогения. Спб., 1999. № 9. С. 120–124.
4. Сафонов Ю.Г. Нетрадиционные виды золоторудного сырья в России // Вестн. РАН. 1995. Т. 65. № 9. С. 790–795.
5. Структурно-тектоническое районирование ВКМ (по геологическим и геофизическим данным) / Н.М.Чернышов, В.И.Лосицкий, С.П.Молотков и др. // Современные проблемы геологии: Мат-лы юбилейной научной сессии геологич. ф-та ВГУ. Воронеж, 1998. С. 5–7.
6. Чернышов Н.М. Благороднометалльносодержащие парагенезисы сульфидов и их аналогов в железорудных месторождениях КМА (Центральная Россия) // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2007. № 1. С. 101–114.
7. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2004.
8. Чернышов Н.М. Типы, закономерности размещения и состав золото-платиноидного оруденения в месторождениях-гигантах КМА. Новый источник стратегически важных металлов (Центральная Россия) // Мат-лы Международной конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного университета. Воронеж, 2008. С. 216–218.
9. Чернышов Н.М., Молотков С.П., Резникова О.Г. Золото-платиноносность главнейших типов железорудных формаций мира (информационно-аналитический обзор) // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2003. № 2. С. 137–162.
10. Чернышов Н.М., Изоитко В.М., Петров С.В., Молотков С.П. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА // Докл. РАН. 2003. Т. 391. № 1. С. 104–107.
11. Шелехов А.Н., Лючкин В.А., Ляховкин Ю.С. Месторождения железистых кварцитов и продукты их переработки — новый перспективный источник золото-платиносодержащего сырья в XXI веке (на примере Центральной России) // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI веке. Т. 3. М., 1999. С. 289–294.
12. Щеголев И.Н. Железорудные формации докембрия Курской магнитной аномалии и Украинского щита // Геол. журнал. 1981. Т. 41. № 5. С. 41–49.

УДК 553.495:549.283 (571.55)

© Л.Б.Макарьев, С.К.Вояковский, И.В.Илькевич, 2009

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ УРАНОВЫХ ОБЪЕКТОВ В КОДАРО-УДОКАНСКОМ ПРОГИБЕ

Л.Б.Макарьев, С.К.Вояковский, И.В.Илькевич (ВСЕГЕИ Роснедра Минприроды России)

В Удоканском и Сюльбанском районах Кодаро-Удоканского прогиба получены свидетельства потенциальной промышленной золотоносности урановых объектов. В рудах уранового месторождения Хадатканда и проявлений Чининской зоны установлены аномальные концентрации золота. Обосновывается комплексный характер руд, состав которых определяется совместным развитием золотой, урановой и селеноносной сульфидно-теллуридной минерализации. Приводимые данные открывают возможность выявления новых обстановок золотоконцентрирования на базе известных урановых проявлений гидротермально-метасоматического типа, в частности в Верхнесюльбанском и Икабья-Читкандинском рудных узлах.

Кодаро-Удоканский рифтогенный прогиб на западе Алданского щита широко известен крупными и уникальными месторождениями цветных, черных и редких металлов, составляющими минерально-сырьевую базу Кодаро-Удоканского Центра экономического развития [2]. На его территории (рис. 1) в Удоканском горно-рудном районе сосредоточены крупнейшие в России и мире разведанные месторождения медистых песчаников, железо-титан-ванадиевых и медно-сульфидных руд Чинейского расслоенного массива. Перспективные объекты подобных рудно-формационных типов имеются в другом крупном, но менее изученном Сюльбанском рудном районе. Оба района располагают весьма значительными ресурсами золота, однако основными потенциальными источниками его добычи, кроме россыпей, считаются месторождения с комплексным оруденением, а также малообъемные жильные золото-кварцевой формации [1].

В качестве комплексных золотосодержащих практический интерес представляют месторождения медистых песчаников и медно-сульфидных руд в эндо-эзоконтактовых зонах Чинейского массива. Из месторождений медистых песчаников наиболее полно изучена золотоносность Удоканского рудного поля, связанная с борнит-халькозиновыми рудами, содержащими в медном концентрате в среднем 0,5 г/т Au. В эндо- и эзоконтактах Чинейского массива промышленными концентрациями благородных металлов характеризуются халькопиритовые руды месторождений Рудное и Контактное, в которых золото, наряду с платиноидами, является ценнейшим попутным компонентом. Золото-квар-

цевая формация имеет ограниченное распространение. Единственный рудный объект — малое месторождение Верхнесакуканское в Сюльбанском районе, представленное системой золотоносных кварцевых жил, ассоциирующих с позднепалеозойским (мезозойским?) гранитоидным магматизмом.

Рассматривается также возможная золотоносность в связи с наложенными мезозойскими угленосными структурами [7]. Примером их потенциальной продуктивности может служить Верхнебийкинская золотоносная зона, локализованная на севере Апсатского грабена в тектоническом контакте юрско-меловых угленосных отложений с подстилающими архейскими образованиями. Выявленное здесь золотое оруденение (рудопоявление Солнечное и др.) сходно с таковым промышленных месторождений Центрального Алдана, в частности «курнахского типа». Оно приурочено к золотоносным калиевым метасоматитам — гумбеитам и продуктам их гипергенного преобразования, наиболее обогащенным золотом [6].

На примерах детально изучавшихся уранового месторождения Хадатканда и проявлений Чининской ураноносной зоны авторами делаются выводы о практической значимости этих объектов на золото и возможности открытия на территории Кодаро-Удоканского прогиба комплексных месторождений с промышленным золотым оруденением на базе известных урановых проявлений гидротермально-метасоматического типа.

Урановое месторождение Хадатканда открыто в 1949 г. Мангышлакской экспедицией (Д.М.Шилин и др., 1950 г.). Позднее разведывалось

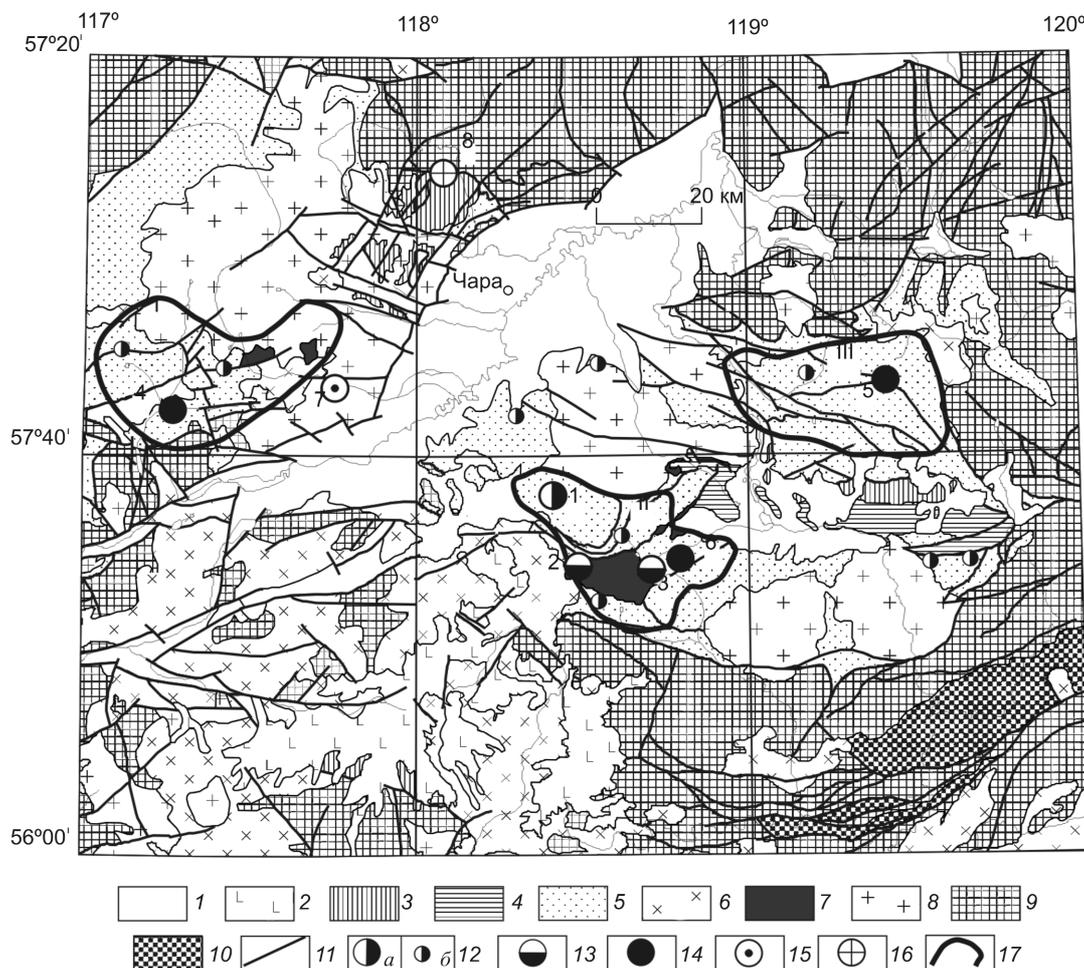


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кодаро-Удоканского прогиба, по [3]:

неоген-четвертичные образования: 1 — осадочные, 2 — вулканогенные; 3 — юрско-меловые угленосные отложения Апсатского и Верхне-Каларского грабенов; 4 — венд-нижнепротерозойские карбонатные отложения Верхне-Каларского грабена; 5 — нижнепротерозойские карбонатно-терригенные отложения Кодаро-Удоканского прогиба (удоканский комплекс); 6 — позднепалеозойско-раннемезозойские интрузивные комплексы объединенные; раннепротерозойские интрузивные комплексы: 7 — чинейский расслоенный анортозит-габбро-норитовый, 8 — кодарский рапакивигранитовый; 9 — архейско-раннепротерозойские гранитоидно-метаморфические образования объединенные; 10 — позднеархейские габбро-анортозиты Олекмо-Каларского массива; 11 — разломы; золоторудные и золотосодержащие объекты: 12 — месторождение (а) и рудопроявления (б) медистых песчаников, 13 — медно-сульфидные месторождения, 14 — золото-урановые месторождения и рудопроявления, 15 — месторождение золото-кварцевой формации, 16 — рудопроявление золота в гумбеитах; 17 — рудные узлы (I — Верхнесюльбанский Сюльбанского района, II — Намингинский и III — Икабья-Читкандинский Удоканского района); месторождения: 1 — Удоканское, 2 — Контактное, 3 — Рудное, 4 — Хадатканда, 5 — Читкандинское, 7 — Верхнесакуканское; рудопроявления: 6 — Правочинское (Чининская ураноносная зона), 8 — Солнечное (Верхнебыйкинская золотоносная зона)

и частично разрабатывалось Ермаковским рудоуправлением МВД СССР. Материалы по разведке и сведения о количестве добытой руды не сохранились. Месторождение локализовано на пересечении Сюльбанского и Хадаткандского глубинных разломов в юго-западной периферии Верхнесюльбанского магматического узла, образованного крупным (единым на глубине по геофизическим данным) массивом габбро-норитов рудопродуктивного

чинейского комплекса раннего протерозоя и многофазными (от габбро до гранитов) позднепалеозойскими интрузиями (рис. 2).

Рудовмещающие терригенно-карбонатные породы чинейской серии (александровской и бутунской свит) прорваны дайками габброидов. В условиях полистадийного метасоматоза они превращены в разнообразные щелочные и субщелочные железо-магнезиально-кальциевые метасоматиты, ин-

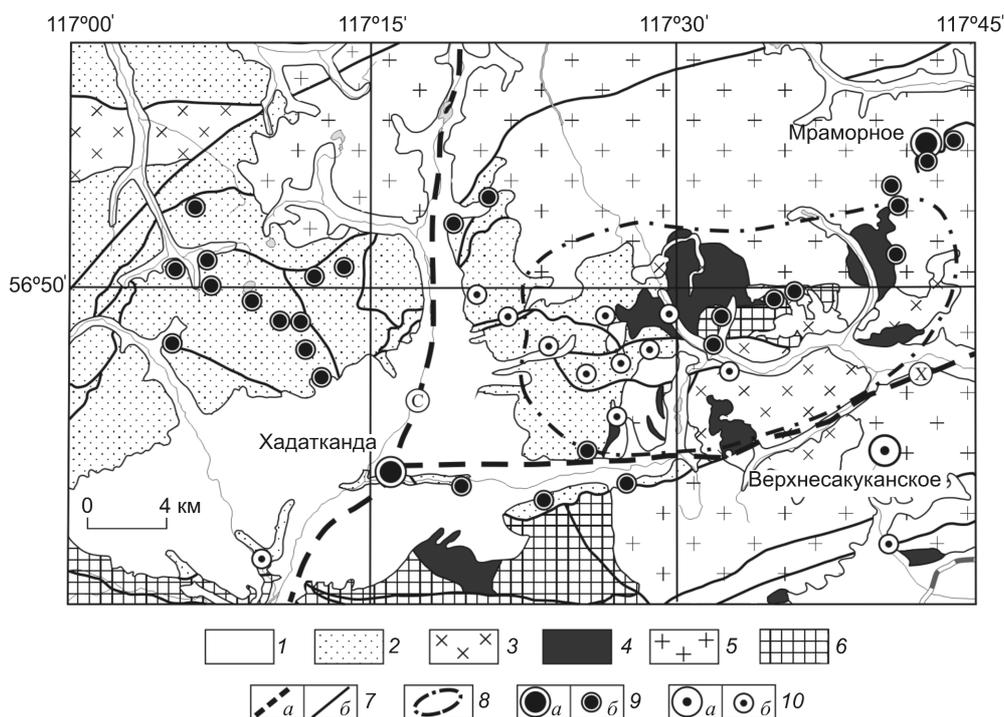


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Верхнесюльбанского урановорудного узла:

1 — четвертичные отложения нерасчлененные; 2 — нижнепротерозойские карбонатно-терригенные отложения удоканского комплекса; магматические комплексы: 3 — позднепалеозойский ингамакитский мондонит-гранитовый, 4 — раннепротерозойский чинейский анортозит-габбро-норитовый, 5 — раннепротерозойский кодарский рапакивигранитовый; 6 — архейско-раннепротерозойские гранитоидно-метаморфические образования нерасчлененные; 7 — главные (а) и второстепенные (б) разломы (С — Сюльбанский, Х — Хадаткандский); 8 — локальная аномалия поля ΔT ; 9 — месторождения (а), проявления (б) урана; 10 — месторождение (а), проявления (б) золота

тенсивно сульфидизированные на участках наложенного катаклаза и дробления. К продуктам ранней щелочной стадии относятся альбит-олигоклазовые, плагиоклаз-пироксеновые и плагиоклаз-амфиболовые метасоматиты с переменными содержаниями эгирин-диопсида и актинолита. С плагиоклазовыми метасоматитами ассоциируют скарноиды, среди которых преобладают известковистые гранатсодержащие, менее распространены магnezияльные разновидности. Поздняя щелочная стадия выражена микроклиннизацией и повторной альбитизацией с новообразованиями биотита и рибекита. Повсеместно проявлены изменения пропилитового (березит-пропилитового) парагенезиса. Отчетливо наложенный характер имеют хлоритизация и карбонатизация (иногда с серицитом и гидрослюдой). Эти преобразования, возможно, наиболее сближены во времени с рудоотложением, принимая во внимание наблюдаемое развитие, например, настурана и золота в карбонатных прожилках, отложение железистого хлорита вокруг рудных сегрегаций золота, сульфидов и урановой минерализации.

Продуктивная мощность рудного поля оценивается в 60–75 м при протяженности ~3,5 км в меридиональном направлении. Вскрытые на поверхности урановорудные тела представлены ветвящимися линзами переменной мощности (до 5 м и более). Бороzdовое и штупное опробование показало наличие в контурах рудного поля весьма богатых урановых руд с золотом и молибденом (табл. 1). Установленные на месторождении anomalно высокие до ураганских концентрации Au (до 300 г/т) и Mo (до 1% и более) дают основание предполагать здесь наличие промышленных поликомпонентных руд.

Богатые руды представлены прожилково-вкрапленными, густо вкрапленными, полосчатыми и массивными разновидностями со сплошными рудными агрегатами. Основная масса урановых минералов сложена колломорфным настураном с реликтами кристаллического уранинита. Настуран замещает уранинит, цементируя и обрастая его с образованием наиболее богатых рудных масс. В подчиненных количествах содержатся браннерит и коффицит. Браннерит найден в сростках с кристаллическим уранинитом и шеелитом, что служит указа-

1. Содержание урана и сопутствующих металлов в рудных телах месторождения Хадатканда по данным штупфного и бороздowego опробования

Вместающие породы	Номера проб	U, %	Mo, %	Pb, %	Au, г/т	Co, г/т	Cu, г/т	Ni, г/т	V, г/т	Se, г/т	Ag, г/т	Bi, г/т
Альбититы	СБ-10/7	3,730	0,013	0,322	300,000	51,2	99,2	142,0	125,0	3,64	4,56	18,30
	СБ-4/19	0,078	0,213	0,093	0,054	98,2	81,7	73,9	85,0	3,93	0,21	0,27
	СБ-4/17	1,450	0,005	0,175	11,700	102,0	104,0	118,0	98,2	5,81	2,53	129,00
Альбит-амфибол-пироксеновые	СБ-4/6	0,970	1,275	0,108	0,370	380,0	230,0	245,0	258,0	73,30	1,76	3,20
	СБ-4/12	0,033	0,926	0,669	0,075	48,0	21,3	26,8	92,1	25,40	0,34	9,55
	СБ-4/18	0,520	0,411	0,995	0,040	201,0	100,0	144,0	150,0	44,80	0,22	1,32
Скарноиды	СБ-10/9	4,090	0,031	1,010	0,300	134,0	160,0	119,0	120,0	13,70	0,53	4,47
	СБ-4/3	3,110	0,006	0,592	0,440	232,0	268,0	290,0	81,8	7,77	0,56	5,25
	СБ-4/15	1,930	0,024	0,255	0,270	140,0	128,0	129,0	95,9	12,40	0,34	6,29
	СБ-4/10	3,310	0,093	0,840	0,140	178,0	122,0	147,0	100,0	19,90	0,57	8,84
	СБ-4/8	1,900	0,014	0,670	5,940	104,0	102,0	233,0	102,0	6,76	3,90	28,80
	СБ-4/2	8,340	0,360	1,740	0,086	147,0	275,0	150,0	156,0	24,40	1,88	12,20
Скарноиды альбитизированные	СБ-4/4	2,220	0,006	0,502	0,150	138,0	123,0	149,0	94,8	7,88	0,49	4,62
	СБ-4/2В	10,830	0,381	-	0,980	-	-	-	-	-	-	-
	СБ-4/5	1,000	0,768	0,379	0,140	185,0	99,4	112,0	50,0	45,10	0,34	4,38
	СБ-4/9	4,280	0,020	0,496	0,130	1290,0	421,0	573,0	109,0	11,30	0,60	0,88
СБ-4/11	8,830	0,246	2,680	1,520	111,0	265,0	111,0	159,0	36,10	0,63	14,10	
СБ-19/1	6,560	0,029	0,954	17,000	239,0	385,0	246,0	185,0	28,30	0,56	3,22	

Примечание. Методы анализов: РСА — рентгеноспектральный (U, Mo), ААА — атомно-абсорбционный с полным кислотным вскрытием (Au), ICP-AES — атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (Pb, Co, Cu, Ni, V), ICP-MIS — массе-спектрометрический с индуктивно связанной плазмой (Se, Ag, Bi).

2. Состав отдельных золотин в рудах месторождения Хадатканда по результатам микрозондового анализа, %

Элементы	z					u					κ		л	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2
Fe		5,45	2,20								1,35			
Cu		2,50		1,29	0,88							0,59		
Ag	3,19	5,47	4,07	4,04	3,63	3,93							3,86	5,00
Au	96,81	86,58	93,73	94,67	95,49	96,07	98,65	99,41	96,14	95,00				

Примечание. Точки измерений 1–5 соответствуют показанным на рис. 3.9–л.

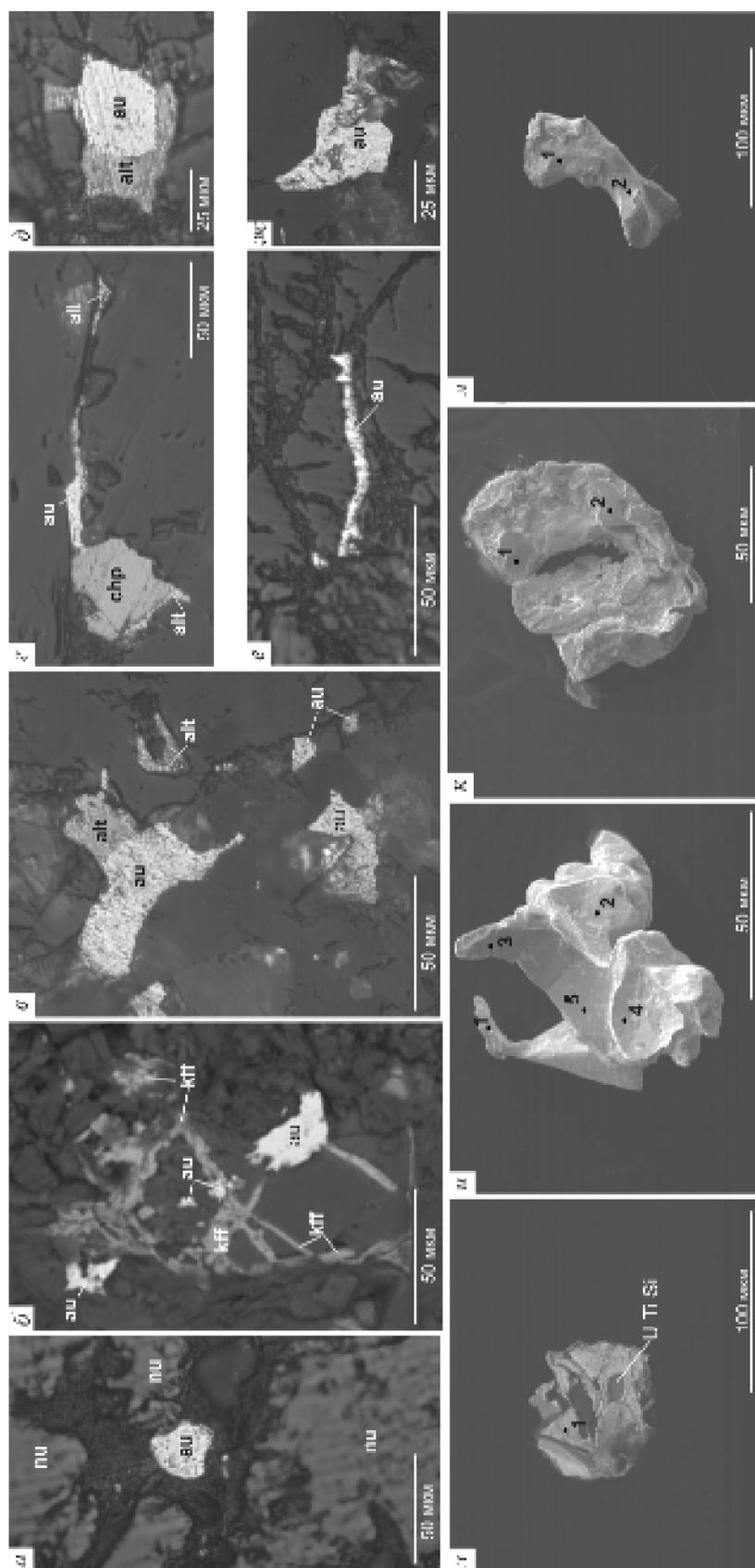


Рис. 3. Характер выделений (а–ж) и морфология (з–и) самородного золота в рудах месторождения Хадатканда:

а, в–ж — фото в отраженном свете; б, з — фото в отраженных электронах; и–л — фото в обратнорассеянных электронах; а — вкрапленность золота (аи) в агрегате наступрана (пи); б — вкрапленность золота в гранате, обрастающем коффином (кф); в–д — золото в сростках с алтаитом (алт) и халькопиритом (срп); е, ж — обособленное развитие золота в виде микропрожилков (жс) и вкрапленности (жс); з — сросток золота с урановым минералом U-П-Si состава; на фото з–л цифрами отмечены точки определения химического состава золотин (см. табл. 2) методом микрозондового анализа (CamScan MV-2300-A)

нием на присутствие высокотемпературных урановых парагенезисов. Коффинит развит исключительно в секущих микропрожилках.

Золото встречено во всех урановорудных пробах (в том числе с концентрациями Au <1 г/т). Золотая минерализация проявлена в самородной и теллуридной формах. Из теллуридов наиболее характерен калаверит. Золото мелкое до пылевидного образует тонкую вкрапленность и микропрожилки. Размер золотинок не превышает 50 мкм. Наблюдается совмещение золота с урановой минерализацией (вкрапления в агрегатах настурана, прожилках с коффинитом и др.), развитие его совместно с сульфидами и висмотеллуридами или обособленно в самостоятельных выделениях (рис. 3, а–ж). В последнем случае золото заполняет микротрещины и пустоты в породе в виде агрегатов разнообразных морфологических форм и кристаллов ромбододекаэдрического и кубического облика (см. рис. 3, з–л). В тонкорассеянных вкраплениях оно тесно ассоциирует с алтаитом и фробергитом, образуя с ними сростания. Золото в основном высокопробное с примесями Ag и Fe. По валовому составу (данные микрозондового анализа) выделяются три типа самородного золота. Золото первого типа (в основном вкрапленное) имеет состав, %: Au 79,22–81,22, Ag 17,86–20,78, Fe до 0,92; второго — Au 91,43–95,32, Ag 4,68–7,07, Fe 0,86–1,50; третьего (наиболее высокопробное) — Au 97,65–98,00, Ag до 1,17, Fe до 1,18. Наиболее высокопробное каплевидное золото встречено в карбонатных прожилках. Анализ отдельных золотинок и их агрегатов показал изменения состава (микроразнообразие) на уровне отдельных минеральных индивидов (табл. 2), что может быть связано с процессами переотложения.

В ассоциации с золотом и ураном выявлена полистадийная теллуридно-сульфидная минерализация. Ранние генерации сульфидов представлены в основном пиритом, халькопиритом и пирротинном, образующими густую вкрапленность по всей массе вмещающих пород. Не менее чем двумя генерациями характеризуются молибдениты, развивающиеся совместно с уранинитом, но чаще образующие гнездовые обособления, например в скарноидах. Особенность молибденитов Хадатканды — повышенные концентрации Se (0,33–1%). В более позднюю стадию (стадии) отлагались кобальт-никелевые сульфиды (линнеит и зигенит), теллуриды (фробергит) и висмотеллуриды (алтаит, кочкарит и др.). Постоянное присутствие линнеита и зигенита в составе руд обуславливает их кобальт-никелевую специализацию.

Предполагается, что формирование ранней вкрапленной браннерит-уранинитовой минерализации

связано с щелочными метасоматитами, а наиболее богатой сульфидно-золото-настурановой — с наложенным гидротермальным процессом. С последним ассоциируют отложение урановой смолки и сопутствующих металлов в ураноносных телах и развитие жильно-прожилковой минерализации в контурах тел и за их пределами. При этом состав вмещающих метасоматических пород практически не влияет на качество оруденения, что подтверждается содержаниями в них главных (U, Au, Mo) и сопутствующих (Co, Ni, Cu и др.) рудных компонентов (см. табл. 1). Сульфидно-золото-урановая минерализация контролируется зонами катаклаза и дробления. В поверхностных условиях повсеместно наблюдается брекчирование. В основном это глыбовые и крупнообломочные брекчии с шовными зонами тонкораздробленных пород. В практике геолого-съёмочных работ, наряду с тектоническим, рассматривается эксплозивное происхождение брекчий Хадатканды.

Чининская ураноносная зона считается продуктивной на комплексное оруденение. Зона охватывает отрезок крупного Чина-Ингамакитского магмоконтролирующего разлома, прослеживающийся в близширотном направлении между Чинейским массивом и Верхне-Каларской впадиной среди нижнепротерозойских терригенно-карбонатных пород чинейской серии (рис. 4). Чининской зоне присущ полихронный магматизм, фиксирующийся внедрением габброидов Чинейского массива в позднекарельское время и мощным дайковым магматизмом основного состава в этапы позднепротерозойской (рифейской) тектономагматической активизации.

В пределах зоны, как и на Хадаткандском месторождении, вмещающие породы (александровской, бутунской, а также читкандинской свит) подвержены площадному натриевому метасоматозу. Ранняя региональная альбитизация проявлена практически по всему разрезу осадочных пород. К рудовмещающим относятся более поздние (рифейские?) жильные альбититы (с гематитом, карбонатом, хлоритом), а также развивающиеся по ним и окружающим породам брекчии с кварц-карбонатным, гематит-хлоритовым цементом. В альбититах встречена убогая вкрапленная урановая минерализация. Собственно брекчии — основные рудонесущие тела — тяготеют к обширным полям объемного катаклаза и дробления.

Зона включает известное рудопроявление Правочинейское [4] и выявленные по результатам проведенных работ проявления урановой и сопутствующей минерализации. Рудопроявление Правочинейское представлено несколькими рудными те-

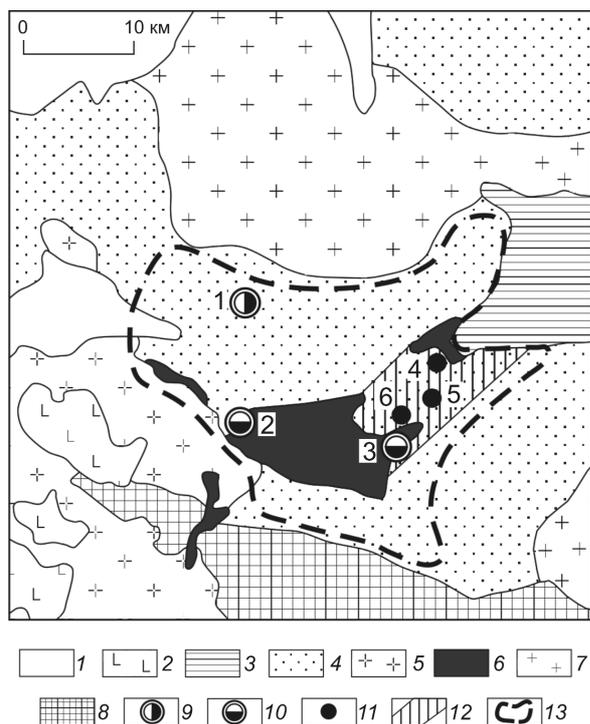


Рис. 4. Схематическая геологическая карта Намингинского рудного узла:

лами длиной до 260 м, вскрытыми канавами. Общая протяженность рудопоявления 5 км при ширине от 200 до 500 м. Урановое оруденение в основном рядовое, в отдельных рудных сечениях содержания U 0,1377–0,6392%. При ревизионном обследовании в ураноносных телах установлены Au до 160 г/т и Pd до 3 г/т. Кроме Au и U, руды обогащены Cu и Ag (табл. 3), сопутствующие металлы — Ni, Co, Bi, иногда Mo. Остальные, открытые авторами объекты, имеют близкие вещественные характеристики. На участке размером (50–300)×2000 м проявления Верхнечинейское установлены признаки богатого уранового оруденения (U до 0,646–2,42%). Левочинейское проявление (250×1000 м) характеризуется в основном рядовыми и забалансовыми содержаниями урана.

лами длиной до 260 м, вскрытыми канавами. Общая протяженность рудопоявления 5 км при ширине от 200 до 500 м. Урановое оруденение в основном рядовое, в отдельных рудных сечениях содержания U 0,1377–0,6392%. При ревизионном обследовании в ураноносных телах установлены Au до 160 г/т и Pd до 3 г/т. Кроме Au и U, руды обогащены Cu и Ag (табл. 3), сопутствующие металлы — Ni, Co, Bi, иногда Mo. Остальные, открытые авторами объекты, имеют близкие вещественные характеристики. На участке размером (50–300)×2000 м проявления Верхнечинейское установлены признаки богатого уранового оруденения (U до 0,646–2,42%). Левочинейское проявление (250×1000 м) характеризуется в основном рядовыми и забалансовыми содержаниями урана.

3. Содержания урана и сопутствующих металлов в рудных брекчиях проявлений Чининской ураноносной зоны по данным штупного и бороздowego опробования

Проявления	U, %	Cu, %	Au, г/т	Ag, г/т	Pd, г/т
Правочинейское	0,239	0,500	160,00	4,0	0,03
	0,0243	0,050	0,48	10,0	-
	0,0351	0,120	0,16	1,0	-
	0,190	0,030	0,15	2,8	0,20
	0,019	0,012	0,13	2,5	0,03
	0,062	0,080	3,70	5,0	0,06
	0,236	0,100	0,10	2,0	1,25
	0,200	0,210	0,05	0,4	0,98
	0,075	0,020	0,17	2,8	0,09
	0,155	0,400	0,01	7,7	0,07
0,012	>1,0	5,00	6,5	0,08	
Верхнечинейское	0,621	0,100	0,30	4,0	-
	0,704	0,080	0,15	5,0	-
	0,145	0,050	1,02	3,5	-
	2,420	0,020	0,07	20,0	-
	0,208	0,400	0,64	2,0	-
	0,033	>1,0	0,15	4,0	-
0,065	0,060	0,22	2,0	-	

Примечание. Методы анализов: РСА — рентгеноспектральный (U), ААА — атомно-абсорбционный с полным кислотным вскрытием (Au, Pd), ICP AES — атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой (Cu), ICP MS — масс-спектрометрический с индуктивно связанной плазмой (Ag).

Наиболее богатые рудные брекчии, в том числе с содержаниями 0,24% U, 0,5% Cu и 160 г/т Au, состоят из обломков интенсивно окварцованных, альбитизированных пород и альбититов, сцементированных гематитом, карбонатом, кварцем, сульфидами, хлоритом и небольшим количеством серицита. Урановая минерализация представлена несколькими (от трех до пяти) генерациями уранинита, браннерита, давидита, а также коффинитом. В цементирующей массе хлорита и гематита, реже кварца и карбоната ураниниты образуют сростания с халькопиритом, герсдорфитом, никелистым пиритом или совместные агрегаты с титанатами урана переменного состава (от давидита до браннерита). Последние могут развиваться обособленно в скоплениях с рутилом и лейкоксенном. В рудной массе коффинит отчетливо замещает уранинит и является наиболее поздним урановым минералом.

Золото самородное видимое (до 1–2 мм) и мелкое. Видимое золото обнаруживается вблизи и непосредственно в скоплениях сульфидов, а также в трещинах в виде тончайших скорлуповатых налетов. Мелкое золото встречено, в частности, в микротрещинах среди раздробленных кристаллических масс уранинита в ассоциации с кобальт-никелевыми сульфидами и теллуридами (гессит и др.), в микровклю-

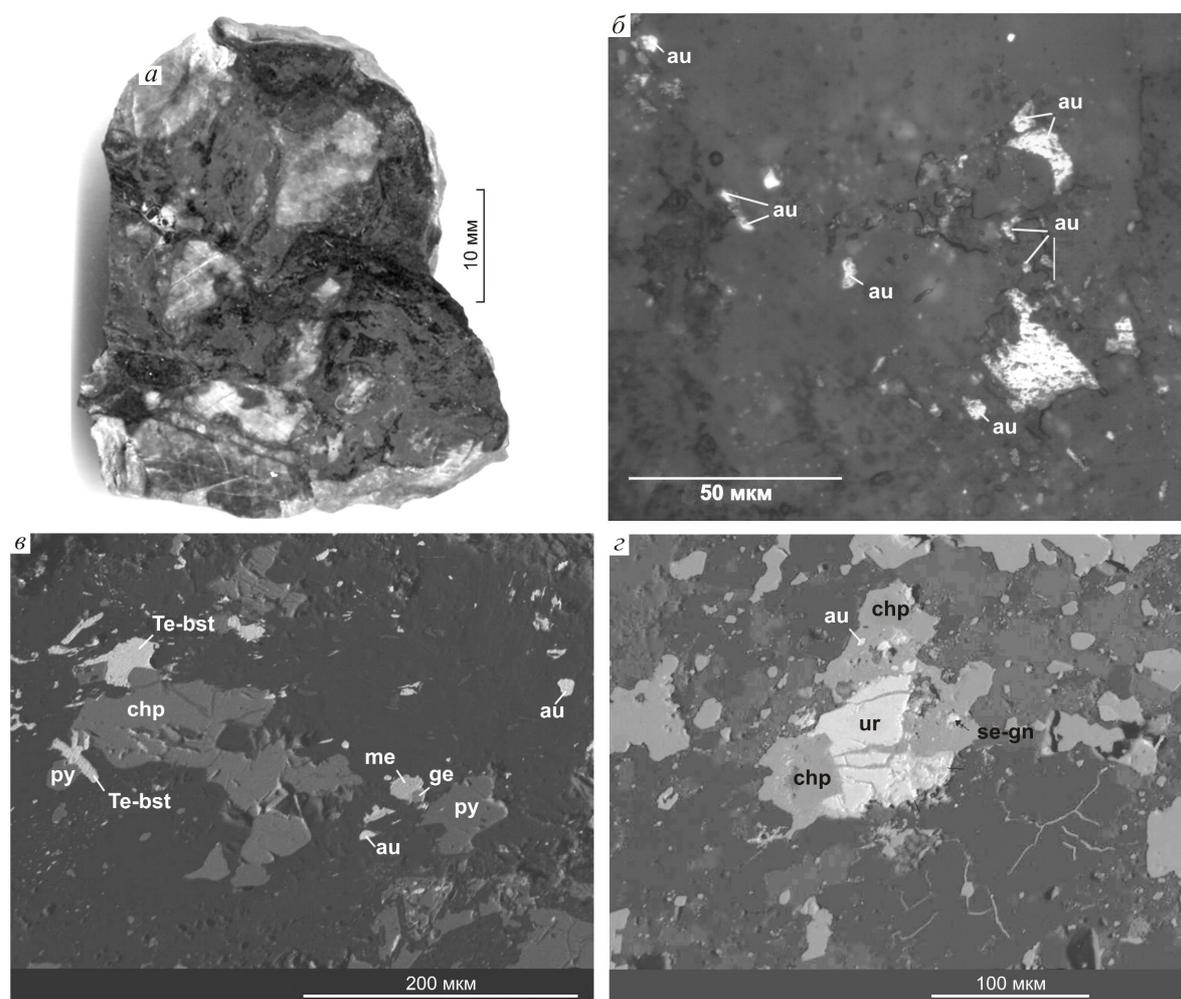


Рис. 5. Характер выделений самородного золота в рудной брекчии Чининской ураноносной зоны:

a, б — фото в отраженном свете; *в, г* — фото в отраженных электронах; *a* — вмещающая брекчия с медно-золото-урановой минерализацией; *б* — обособленное развитие золота (au) в виде вкрапленности в цементе брекчии; *в* — развитие золота среди пирит-халькопиритовых (py-chp) агрегатов в ассоциации с теллурувисмутитом (Te-bst), мелонитом (me) и герсдорфитом (ge); *г* — включения золота и селеногаленита (se-gn) в массе халькопирита (chp), цементирующего уранинит (ur)

чениях с теллурувисмутитом, мелонитом, герсдорфитом и селеногаленитом в пирит-халькопиритовых агрегатах (рис. 5). Наиболее крупное золото в основном пластинчатое и высокопробное (Au 94,37–96,43, Ag 3,04–3,72, Fe 0,86–1,47%). В уранинит-сульфидно-хлоритовых агрегатах этих брекчий нами определены электрум и палладиевые минералы — соболевскит, мартиит и паоловит, тесно ассоциирующие с гесситом [5]. Как и на месторождении Хадатканда, характеризующиеся руды Чининской зоны селеноносны. Кроме галенита (1–2,5% Se), селен концентрируется в герсдорфите (0,6–1,0% Se).

Повышенные (до промышленных) концентрации ведущих компонентов позволяют рассматривать руды Чининской зоны как комплексные с наи-

большими перспективами на золото и, возможно, уран Верхнечинейского и Правочинейского проявлений (см. табл. 3). Кроме того, в пределах всей зоны в брекчированных осадочных породах широко распространена гидротермальная медно-сульфидная (пирит-халькопиритовая) минерализация с Au (0,1–0,25 до 1 г/т) и Ag (до 7 г/т), что указывает на возможность выявления самостоятельного золото-сульфидного оруденения.

Изложенный фактический материал свидетельствует о длительном формировании месторождения Хадатканда и проявлений Чининской зоны, которые по составу являются комплексными с практически значимыми концентрациями Au и U. Эти объекты объединяют пространственная связь ору-

денения с производными ультрамафит-мафитового в основном протерозойского магматизма, развитие рудной минерализации вблизи или на некотором удалении от центров магматической деятельности в метасоматически (щелочно-натриевый метасоматоз) преобразованных карбонатно-терригенных породах чинейской серии, испытавших более позднюю тектоническую и гидротермальную проработку, локализация руд в участках катаклаза, брекчирования и сульфидизации вмещающих пород. Таким образом, в качестве руководящих признаков при поисках выступают магматический, стратиграфический, тектонический и гидротермально-метасоматический критерии. Ранее в Кодаро-Удоканском прогибе выявлены стратиграфическая приуроченность продуктивных на Cu и Au [1] пород к отложениям чинейской серии и масштабное проявление щелочного натриевого метасоматоза преимущественно в разрезе терригенно-карбонатных отложений этой серии. Особенность руд — совмещение урановой, золотой и теллуридно-сульфидной минерализации, обогащенной селеном.

На урановом месторождении Хадатканда в комплексных рудах установлена парагенетическая связь уранинита и браннерита с молибденитом и шеелитом, настурана, коффинита и золота с сульфидами и висмутеллуридами. U, Au, Mo — главные, Co, Ni, Cu, Bi, Te, Ag — сопутствующие компоненты руд. Руды Чининской ураноносной зоны в целом имеют близкий состав с более выраженным медным «профилем» и обогащены платиноидами. Намечается некоторое сходство изучаемых объектов с известными гидротермальными месторождениями Канады (район Большого Медвежьего озера, Биверлодж в Саскачеване, Порт-Радий и др.). Кроме рудно-геохимической специализации (Co, Ni, Ag и др.), их сближает геологическая позиция (в метаморфических комплексах) и характер околорудного щелочного метасоматоза. Рудные брекчии Чининской зоны по минералогии руд напоминают брекчии U-Au-Cu месторождения Олимпик-Дам, однако не содержат типовых для австралийских руд борнита и халькозина. К месторождению Хадатканда и проявлениям Чининской зоны, ассоциированным с производными полихронного глубинного магматизма, вполне применима модель формирования крупных поликомпонентных объектов в условиях длительно развивающейся рудно-магматической (флюидно-магматической) системы в обстановке телескопирования оруденения.

Месторождение Хадатканда требует комплексного доизучения в целях подготовки к лицензированию и дальнейшему освоению. Установленная золотоносность — существенный дополнительный

фактор, значительно повышающий его лицензионную привлекательность.

Полученные фактические данные открывают возможность выявления новых обстановок промышленного золотоконцентрирования на территории Верхнесюльбанского и Икабья-Читкандинского рудных узлов, где распространены подобные, окончательно не оцененные урановые объекты гидротермально-метасоматического типа. В их числе малое Читкандинское месторождение (см. рис. 1). Наряду с определенными перспективами на уран и медь, эти узлы располагают наиболее высокими в регионе прогнозными ресурсами золота [3], оцененными по категории P₃ в 150 и 180 т соответственно. В связи с этим представляется целесообразной и своевременной постановка в их пределах ревизионно-поисковых работ для выделения участков под поиски и оценки на золото, уран и комплексное оруденение типа Хадатканды. Проведение подобных работ необходимо и в Намингинском рудном узле, в первую очередь, для оценки золотоносности Чининской зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов Б.Н.* Условия, источники образования и закономерности размещения благороднометалльного оруденения Кодаро-Удоканской зоны и Средневитимского фрагмента Муйской зоны: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. — Чита, 2007.
2. *Богатство* недр России. Минерально-сырьевой и стоимостный анализ. Пояснительная записка к геолого-экономическим картам. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
3. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Лист О-50 (Бодайбо). Объяснительная записка / Л.Б.Макарьев, Г.Л.Митрофанов, Н.Н.Митрофанова и др. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
4. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Удоканская. Лист О-50-XXXV (Наминга). Объяснительная записка / И.А.Томбасов, В.С.Сверкунов, С.А.Дроздов и др. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2004.
5. *Кнауф В.В., Макарьев Л.Б., Ланда Э.А.* Новый тип платинометалльной минерализации в Кодаро-Удоканском прогибе // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 3. С. 347–350.
6. *Новые данные о мезозойском золотом оруденении Западного Алдана (Апсатский грабен) / Л.Б.Макарьев, Л.В.Былинская, В.В.Павшуков и др. // Докл. РАН. 2006. Т. 410. № 3. С. 376–380.*
7. *Перспективные* обстановки концентрирования и типы благороднометалльного оруденения на ураноносных площадях юга Сибирской платформы (Западный Алдан, Байкало-Патомская область) / Л.Б.Макарьев, Л.В.Былинская, В.В.Павшуков и др. // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных элементов. М., 2006. Вып. 150. С. 122–130.

УДК 622.7:553.43/48

© Н.Г.Клименко, 2009

О КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУЛЬФИДНЫХ РУД

Н.Г.Клименко (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Приводятся обобщенные результаты двух эффективных направлений повышения показателей переработки и комплексности использования полиметаллических сульфидных руд: усовершенствованной коллективно-селективной флотации и переработки пиритных концентратов по схеме окислительного обжига и последующего растворения огарка в селективных или коллективных растворителях.

Общеизвестно, что из всех видов сырья, составляющих основу минерально-сырьевой базы РФ, полиметаллические руды едва ли не самые комплексные. Так, свинцово-цинковые и медно-свинцово-цинковые руды содержат, наряду с основными промышленно-ценными компонентами, ряд других цветных и редких металлов: Mo, Co, Ge, In, Cd, Re, Se, Te и др. Практически во всех полиметаллических рудах присутствуют Au и Ag.

Необходимость достижения максимальной полноты извлечения полезных компонентов из руд разведываемых и подготавливаемых к эксплуатации месторождений полиметаллического сырья не теряет своей актуальности. В связи с этим из многоплановых задач, решаемых при повышении комплексности переработки полиметаллических сульфидных руд в процессе технологической оценки, целесообразно остановиться на двух:

коллективно-селективная схема флотационного извлечения полезных компонентов и оптимизация реагентного режима;

переработка хвостов флотационного обогащения — пиритных концентратов, с извлечением, кроме серы, цветных, редких и благородных металлов.

Коллективно-селективная схема флотации.

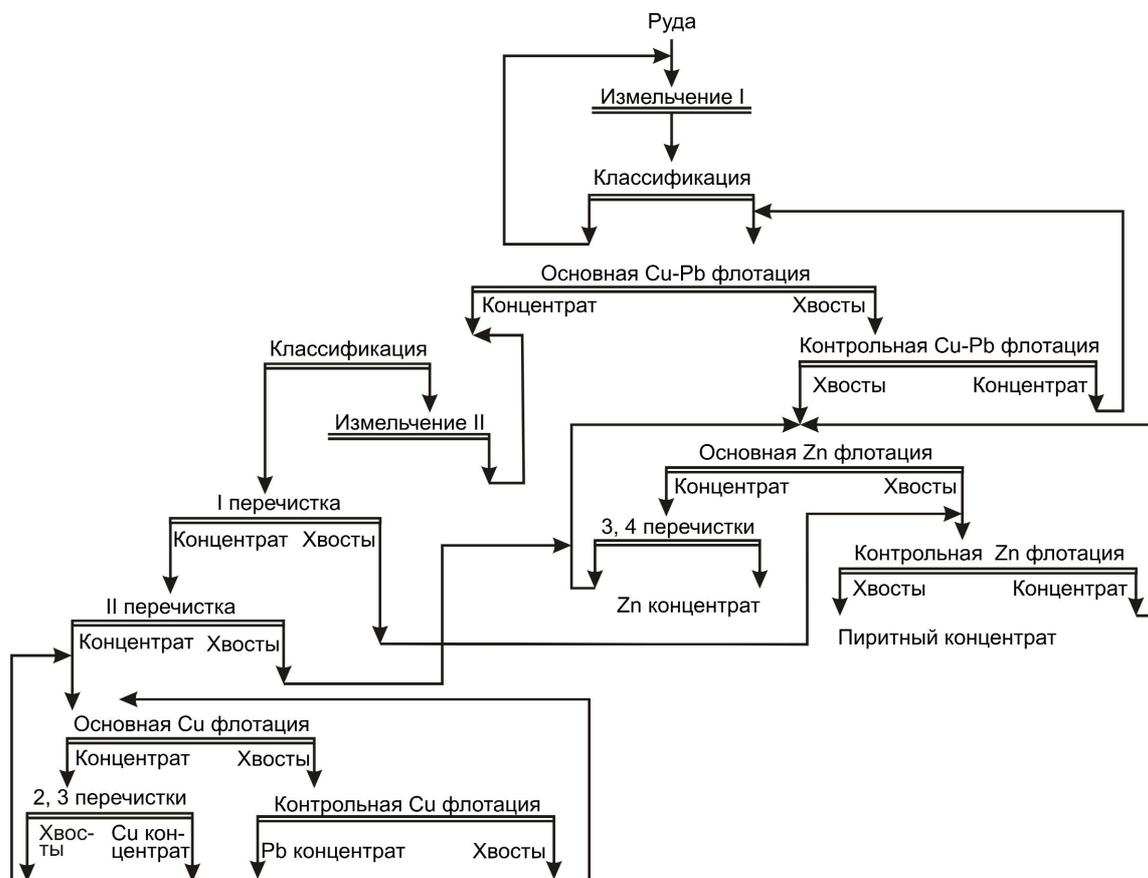
Обогащение полиметаллических руд осуществляется с применением многостадийных селективных или коллективных схем флотации с последующим разделением коллективных концентратов.

В ЦНИГРИ по материалам многолетних исследований создана база данных технологий переработки полиметаллических руд основных технологических типов, различающихся по вещественному составу и технологическим свойствам. В числе исследуемых типов руд существенная роль принадлежит медно-свинцово-цинково-колчеданным в осадочно-вулканогенных породах (рудноалтайский тип промышленных месторождений). Для руд ука-

занного типа под руководством автора ранее разработана и испытана в промышленном масштабе схема коллективно-селективной флотации с получением кондиционных медного, свинцового и цинкового концентратов. В последующие годы эффективность разработки многократно подтверждена при технологической оценке руд ряда разведываемых месторождений.

Отличительные особенности разработанной технологической схемы (рисунок) состоят в следующем: при достаточно грубом измельчении руды (70–75% класса -0,074 мм) с использованием традиционных собирателей и вспенивателей осуществляется коллективная медно-свинцовая флотация. Такой режим обеспечивает максимальное извлечение в концентрат минералов меди и свинца, а также частично сфалерита, обладающего природной активированностью (15–20% от общего содержания в руде) и пирита. Хвосты медно-свинцовой флотации, в которых сосредоточены оставшиеся 80–85% Zn, поступают в цинковый цикл, где после предварительной активации в известковой среде по стандартной схеме (основная, контрольные операции и 3–4 перечистки черновых концентратов) обеспечивается получение кондиционного цинкового концентрата и хвостов обогащения, являющихся пиритным концентратом или пиритсодержащим продуктом.

Черновой медно-свинцовый концентрат доизмельчается до крупности 85–90% класса -0,044 мм, подвергается двум последовательным перечисткам. Первая перечистка проводится с применением эффективного депрессора пирита — органического красителя нигрозина $C_{12}H_{10}N_2O_2 \cdot HCl$, ранее используемого в качестве депрессора углистых сланцев. Хвосты перечистки не возвращаются в голову медно-свинцовой флотации, а направляются на контрольную цинковую флотацию или непосредственно в хвосты (в пиритный концентрат). Во второй пе-



Технологическая схема коллективно-селективной флотации полиметаллической руды

речистке медно-свинцового концентрата депрессируется цинк. Депрессия флотоактивного сфалерита успешно осуществляется с использованием сульфоксидных реагентов в сочетании с цинковым купоросом. Концентрат второй перечистки поступает на селективную флотацию с получением кондиционных медного и свинцового концентратов.

Разработанная технология направлена на повышение технико-экономических показателей процесса: сокращение затрат на измельчение за счет загрузки помола исходной руды с последующим тонким доизмельчением лишь черного медно-свинцового концентрата, а также снижение расходов депрессоров сфалерита и пирита дозировкой их не в основную, а в перечистные операции. При этом повышаются качество медного и свинцового концентратов и извлечение цинка в цинковый концентрат.

Разработанная для полиметаллических руд алтайского типа коллективно-селективная схема успешно применялась в технологических исследованиях свинцово-цинково-баритосодержащих руд в доломитовых породах. Альтернативная схема прямой селективной флотации предусматривала последова-

тельное выделение свинцового, цинкового и баритового концентратов. Получение последнего крайне затруднено из-за избытка кальция, подаваемого в цинковый цикл. Применение свинцово-пиритной флотации в голове процесса позволило исключить подачу извести, а использование нигрозина обеспечило разделение свинцового концентрата и пирита. По разработанной схеме из руды, содержащей 0,9% Pb, 1,05% Zn, 10,8% Ba, 8% S, были получены: свинцовый концентрат, содержащий 50,0% Pb при извлечении 76,6%; цинковый, содержащий 45,5% Zn при извлечении 76,0%; баритовый, содержащий 92,0% Ba при извлечении 71,0% [1].

Переработка пиритного концентрата. Хвосты цинковой флотации полиметаллических руд — кондиционный пиритный концентрат или пиритсодержащий продукт — содержат: 0,2–0,7% Cu, 0,15–1,5% Zn, 25–50% S, 0,8–2 г/т Au, 5–31 г/т Ag.

По разным оценкам в хвостохранилищах обогатительных фабрик, перерабатывающих руды цветных металлов, скопилось около 4 млрд. т пиритных концентратов, представляющих различные комплексные техногенные месторождения.

Пиритные концентраты, получаемые из медно-свинцовых руд, используются для производства серной кислоты, после чего образуются огарки, выход которых колеблется в пределах 70–73% от массы концентрата. Практически единственным потребителем пиритных огарков является строительная индустрия (производство цемента). При этом содержащиеся в огарках полезные компоненты теряются безвозвратно.

В ЦНИГРИ при технологической оценке полиметаллических руд разведываемых месторождений исследованы и проверены в укрупненных условиях различные варианты схем извлечения полезных компонентов из огарков, полученных при обжиге пиритных концентратов, а также при переработке труднообогатимых глубоководных полиметаллических сульфидов различного состава.

Особенность разработанной технологии переработки пиритных концентратов — снижение температуры, применяемой при обжиге концентратов на серноокислотных заводах с 900–1000 до 650°C. Это позволило ограничить в процессе обжига образование нерастворимых ферритов, затрудняющих последующее выщелачивание цветных металлов из огарка. Как показали испытания, выполненные ЦНИГРИ совместно с НИУИФ на полупромышленной установке Воскресенского серноокислотного завода, снижение температуры обжига не приводит к нарушению технологии получения серной кислоты. В оптимальных условиях производительности и расхода воздуха концентрация SO_2 в выходящем газе составила требуемые 12–15% при извлечении S 97%. При снижении температуры обжига увеличилось извлечение Se и Te в шламах мокрой очистки серной кислоты [2].

Для выщелачивания полезных компонентов из огарков разработаны две альтернативные технологические схемы:

серноокислотное выщелачивание цветных металлов и цианирование остатка выщелачивания. Схема переработки продуктивного раствора включала очистку от Fe, осаждение цементной Cu, получение цинкового концентрата в виде карбоната и извлечение Au и Ag сорбционным цианированием. По данной схеме получают следующие продукты: медный концентрат, содержащий 85% Cu при извлечении 97,21%; цинковый концентрат, содержащий 40,5% Zn и 0,68% Co при извлечении металлов 95,19 и 92,81% соответственно. Извлечение Au и Ag на смолу составляет 96,42 и 88,46% соответственно;

совместное выщелачивание цветных и благородных металлов коллективным растворителем, в состав которого входит смесь солей хлоридов и

нитратов в серноокислой среде. Применение солевого растворителя обеспечивает перевод в раствор, %: 99,57 Cu, 99,29 Zn, 98,08 Co, 95,92 Au, 97,21 Ag.

Коллективный раствор может быть переработан по схеме, включающей очистку раствора от Fe, получение цементного медного концентрата, содержащего благородные металлы, и осаждение Zn в виде карбоната. Разработанная технология обеспечивает наиболее полное извлечение полезных и сопутствующих компонентов в товарную продукцию: медный концентрат, содержащий 86,7% Cu, 36,8 г/т Au и 332 г/т Ag при извлечении металлов 96,3, 94,69, 92,6% соответственно; карбонат цинка, содержащий 42% Zn и 0,68% Co при извлечении металлов 94,69 и 89,80% соответственно. Нерастворимый остаток представляет собой кондиционный железный концентрат [3].

Весьма перспективен способ последовательного электролитического выделения катодной меди с концентрацией в ней благородных металлов и электролитического цинка.

Таким образом, разработанные коллективно-селективные схемы флотации полиметаллических руд с применением эффективного депрессора пирита — нигрозина — повышают комплексность их переработки, обеспечивают повышение качества и извлечения Cu, Pb, Zn в кондиционные концентраты, снижение расхода реагентов, сокращение затрат на измельчение и в целом улучшают технико-экономические показатели процесса.

Показана перспективность переработки пиритных концентратов с использованием окислительного обжига при температуре 650°C и последующего серноокислотного выщелачивания или растворения металлов в коллективном хлоридно-нитратном растворителе. Использование последнего значительно упрощает схему переработки огарка, исключает операцию цианирования кека после выделения цветных металлов, а также сорбцию и десорбцию золота и серебра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко Н.Г., Кязимов Р.А., Лапатухин И.В. Эффективный метод селекции коллективного свинцово-пиритного концентрата // Комплексная технология переработки труднообогатимых руд. Алма-Ата, 1987. С. 43–51.
2. Клименко Н.Г., Ченцов В.Н., Клебанов Т.Б., Ахмедов А.З. Сульфатизирующий обжиг пиритного концентрата // Тр. ЦНИГРИ. 1981. Вып. 157.
3. Клименко Н.Г., Романчук А.И., Ивановская В.П. Эффективные технологии переработки глубоководных полиметаллических сульфидов // Руды и металлы. 1995. № 6. С. 63–68.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 553.411:551.311.231 (083.133)

© В.Б.Голенев, 2009

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ЗОЛОТОНОСНЫХ СИАЛИТНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

В.Б.Голенев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Применение при разработке золотоносных сиалитных кор выветривания подземного выщелачивания в естественном залегании руд вместо традиционных горных технологий с переработкой добытой руды кучным выщелачиванием отразится на методике геологоразведочных работ. Изменятся соотношение буровых и горных работ, технические средства, плотность сети опробования. Изучение вещественного состава руд и вмещающих пород, технологических свойств руд, гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условий месторождения, влияния геологоразведочных работ на окружающую среду, состава и параметров кондиций, а также подсчет запасов должны вестись с учетом специфики разработки.

Основной целью геологоразведочных работ является изучение природных факторов, от которых зависит возможность и эффективность добычи полезного ископаемого тем или иным способом, с полнотой и детальностью, достаточными для оценки подготовленности месторождения к разработке и проектированию соответствующего предприятия. Золотоносные сиалитные коры выветривания в РФ до недавнего времени разрабатывались исключительно открытым способом. В середине 90-х годов XX в. на территории Свердловской области АОЗТ «Уральская горнорудная компания» успешно реализованы благоприятные условия золотоносных сиалитных кор выветривания для разработки скважинным подземным выщелачиванием. На Гагарском месторождении за десять лет опытного производства добыто 555 кг Au при извлечении 69,5% и незавершенности процесса. Начаты работы по освоению геотехнологическим способом Маминского месторождения ЗАО «Маминская горнорудная компания». В том же субъекте федерации ведется подготовка к освоению ряда площадей с золотоносными корами выветривания.

Применение подземного выщелачивания создает условия для практически полного использования недр за счет вовлечения бедных и забалансовых руд, исключает трудоемкие и дорогостоящие горные работы. При этом не требуются транспортировка и пе-

реработка гигантских объемов горной массы, рудо-подготовка (измельчение руд). Технологический процесс характеризуется большой степенью завершенности, значительным снижением материало- и энергоемкости производства, повышением производительности и улучшением санитарно-гигиенических условий труда, меньшим влиянием на окружающую среду и т.д. Благодаря этому предприятие подземного выщелачивания отличается низкими капитальными вложениями (в сравнении с заводским переделом могут уменьшиться в 5–6 раз) и эксплуатационными затратами, что при благоприятных геотехнологических условиях позволяет осваивать месторождения, нерентабельные для горных технологий добычи.

Специфика способа эксплуатации оказывает заметное влияние на комплекс изучаемых природных особенностей месторождения, определяя тем самым методику геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения [3]. Применение скважинного подземного выщелачивания эффективно на месторождениях золотоносных сиалитных кор выветривания (Гагарское, Маминское, Северо-Долгомысовское и Верхотурское), открытая разработка которых сегодня невозможна по ряду экономических, горно-геологических и других причин. Поскольку число таких месторождений ограничено, для выработки критериев, на которых должны ба-

зировавшись прогноз, поиски, оценка и разведка золотоносных кор выветривания для подземного выщелачивания, использованы материалы по месторождениям урана гидрогенного типа [1, 5].

С учетом данных по урановым объектам установлены особенности сочетания гидрогеологических и инженерно-геологических условий залегания сиалитных кор выветривания, определяющие экономику, а в некоторых случаях техническую возможность процесса скважинного подземного выщелачивания. Участки золотоносных кор выветривания с коэффициентом фильтрации или содержанием глинистых частиц, не удовлетворяющими требованиям эффективного подземного выщелачивания, в геологоразведочные работы вовлекать нецелесообразно независимо от уровня концентраций золота. Такие участки представлены: переотложенными корами, залегающими на более проницаемых для продуктивных растворов карбонатных породах; линейными корами, связанными с проницаемыми зонами разрывных нарушений, прослеживающимися в первичные породы на значительную глубину; необводненными частями разреза зоны гидролиза и конечного выщелачивания остаточных кор выветривания. Поэтому геологические исследования с определением типа сиалитных кор выветривания по условиям формирования и морфологии, их минералого-геохимической зональности в комплексе с гидрогеологическими и инженерно-геологическими не должны отставать на всех стадиях геологоразведочных работ от изучения золотоносности. Цель таких исследований в зависимости от стадии геологоразведочных работ — выявление (прогнозирование и поиски) и изучение (оценка и разведка) обводненных участков зоны дезинтеграции и нижних горизонтов зоны гидратации и начального гидролиза площадных остаточных кор выветривания, залегающих на алюмосиликатных скальных водоупорных породах.

Применяемые системы поисковых, оценочных и разведочных горных выработок и скважин не должны нарушать природные гидрогеологические условия золотоносных кор выветривания. Это определяет необходимость решения геологоразведочных задач минимальными объемами горных работ и скважин большого диаметра, вскрывающих рудовмещающий водоносный горизонт. Зачастую горные выработки вообще неприменимы, так как предварительное осушение, которое обычно требуется при их проходке, нарушит естественные гидрогеологические условия месторождения и сделает разработку его скважинным подземным выщелачиванием практически невозможной.

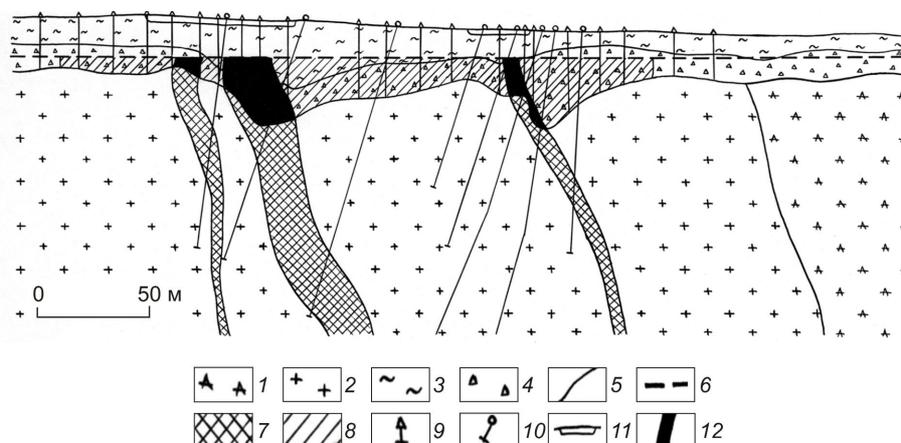
Рудные тела для скважинного подземного выщелачивания на известных месторождениях золота

имеют форму пластообразных субгоризонтальных залежей, ограниченных сверху зеркалом грунтовых вод, а снизу водоупором — контактом выветрелых и скальных пород и руд (рисунок). Верхняя граница относительно ровная, спокойная, нижняя — менее выдержанная.

На глубину субгоризонтальные залежи дезинтегрированных руд в пределах водоносного горизонта переходят в прожилково-вкрапленные золото-сульфидно-кварцевые крутопадающие жило-плитообразные минерализованные зоны малой мощности, приуроченные к разрывным нарушениям, которые не имеют четких геологических границ. Площадь выветрелых руд в плане значительно шире первичных. При непосредственной связи с первичными рудами выветрелые существенно отличаются от них формой, условиями залегания, геологической позицией, наличием геологических границ.

По сравнению с гипогенными рудами существенно снижаются содержания Au в корях выветривания Гагарского (с 4,5 до 1,2 г/т) и Маминского (с 7,1 до 0,56 г/т) месторождений. Рентабельная разработка участков сиалитных кор выветривания со значительно более низкой золотоносностью возможна способом подземного выщелачивания. Указанные содержания золота в рудах для скважинного подземного выщелачивания не предел. Концентрация золота в растворах, обеспечивающая безубыточное их получение (при соотношении количества продуктивных растворов на единицу прорабатываемой горнорудной массы 0,8–1,2) и извлечение металла из растворов, должна быть не ниже 0,2–0,3 г/м³ [4]. Такая концентрация в растворах обеспечивается содержанием золота в корях выветривания 0,20–0,45 г/т в зависимости от сквозного извлечения металла и плотности продуктивных растворов. Минимальное среднее содержание золота в сиалитных корях выветривания, разрабатываемых открытым способом, 1,7 г/т (месторождение Мурзинское в Алтайском крае).

Благодаря скважинному подземному выщелачиванию, менее капиталоемкому и затратному способу разработки, становится рентабельным освоение крупных ранее непромышленных скоплений бедных проницаемых руд, расширяются и изменяются контуры рудных тел, увеличиваются размеры оцениваемых участков. Соответственно, меняются представления о морфологических особенностях и золотоносности рудных тел, «смягчаются» параметры кондиций, изменяется их состав. При отказе от подземного выщелачивания в пользу горных технологий добычи происходит «ужесточение» кондиций, что скажется на представлениях о форме и условиях залегания рудных тел в корях выветривания. Так, на Гагарском и Маминском месторожде-



Морфология, условия залегания, строение и золотоносность рудных тел в корках выветривания, предназначенных для подземного выщелачивания (Гагарское месторождение), с использованием материалов К.А.Харькевича, Т.Э.Видусова, 1996 (АОЗТ «Уральская горно-геологическая компания»):

1 — плагиогнейсы; 2 — плагиограниты; остаточные коры выветривания по зонам: 3 — гидратации и начального гидролиза, 4 — дезинтеграции; границы: 5 — геологические, 6 — уровня грунтовых вод; рудные тела: 7 — в скальных породах, 8 — в корках выветривания для подземного выщелачивания; скважины: 9 — вертикальные для разведки кор выветривания, 10 — наклонные для разведки рудных тел в скальных породах; 11 — каналы; 12 — богатые руды в корках выветривания для подземного выщелачивания, соответствуют рудным телам под открытую разработку

ниях рудные тела в корках не будут отличаться от таковых в первичных породах, представленных крутопадающими жилло-плитообразными залежами окисленных руд относительно малой мощности, переходящими с глубиной в прожилково-вкрапленные первичные руды с сохранением морфологии и условий залегания (см. рисунок).

Такая трансформация представлений о рудных телах в сиалитных корках выветривания, в связи с изменением кондиций при переходе от открытой добычи к подземному выщелачиванию и обратно, непосредственно отражается на плотности разведочной сети. Если для разведки запасов категории C_1 по субгоризонтальным залежам способом скважинного подземного выщелачивания [2] оптимальна сеть 30×10 м (площадь ячейки 300 м^2), то по жилло-плитообразным крутопадающим телам в тех же корках выветривания для открытой разработки — 25×5 м (площадь ячейки 125 м^2). Трансформация представлений о рудных телах в связи с изменением способа добычи отразится на поисковых и оценочных сетях, применяемых для локализации прогнозных ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2 .

Положение обводненных золотоносных кор выветривания в плане определяет схему размещения эксплуатационных скважин, а в разрезе — размещение фильтров и конструкцию тех же скважин. К точности геометризаций контура рудного тела в плане предъявляются высокие требования, так как ошибки в определении его положения повлекут проходку эксплуатационных скважин в безрудном участке, что недопустимо из-за высокой их стоимости. Поэтому

разведочная сеть скважин должна обеспечивать такую же, как и для открытой добычи, высокую точность определения контура балансовых руд в плане, оценки среднего содержания и запасов золота в отдельных блоках. Нет смысла предъявлять такие же высокие требования, как при горных технологиях добычи, к точности геометризаций концентраций золота в разрезе, поскольку растекание рабочих растворов в разрезе, даже при попытках ограничить его, значительное (метры, десятки метров). Это позволяет увеличить длину рядовых проб по скважинам, сокращая объемы аналитических работ.

Геотехнологические свойства руд для подземного выщелачивания изучаются на отобранном материале только на стадии лабораторных испытаний. Опытные и опытно-промышленные исследования проводятся непосредственно в недрах на месте залегания руд. При этом особое внимание уделяется изучению степени извлечения золота продуктивными растворами. При подготовке месторождения к открытой добыче технологические свойства руд изучаются с помощью проб на всех стадиях испытаний, начиная с лабораторных и заканчивая опытно-промышленными.

Разный состав растворов при подземном выщелачивании и переработке добытой в карьере руды кучным выщелачиванием определяет иные детали изучения минералого-химических свойств руд, их влияния на растворение золота и циркуляцию растворов. Применительно к подземному выщелачиванию вещественный состав изучается не только для проницаемых золотоносных кор выветривания,

но и вмещающих их разновидностей и водоупоров.

Гранулометрический состав и обводненность выветрелых руд, предназначенных для переработки традиционными способами, в меньшей степени влияют на их промышленную принадлежность, чем при подземном выщелачивании, когда балансовыми считаются только проницаемые обводненные руды преимущественно с низким содержанием глинистых минералов.

На обработку золотоносных кор выветривания скважинным подземным выщелачиванием в большей степени влияют условия применения этого способа, чем при открытой добыче. Поэтому геотехнологические свойства руд целесообразно учитывать уже при прогнозировании, а начинать их исследования уже на стадии поисков на образцах руд с нарушенной и ненарушенной структурой в лабораторных условиях по каждому геотехнологическому типу руд. На стадии оценки проводится хотя бы одно для каждого геотехнологического типа опытное натурное исследование. Каждый геотехнологический тип руд и изолированное относительно крупное рудное тело при завершении работ разведочной стадии должны быть охарактеризованы отдельным кустом гидрогеологических скважин и опытно-промышленным натурным испытанием. Геотехнологические типы руд выделяются по принадлежности сиалитных кор выветривания к остаточным или переотложенным, площадным или линейным. Учитываются минералого-геохимическая зональность, границы водоносного горизонта, соотношения мощности руды и вмещающего водоносного горизонта, наличие вредных примесей, осложняющих растворение золота и циркуляцию растворов в недрах, соотношения проницаемости руд и вмещающих пород.

Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования для подземного выщелачивания включают выявление (для руд и вмещающих пород) ряда факторов. Это проницаемость пород в естественном залегании, наличие возможных ловушек, способствующих потере растворов и снижающих управляемость их потоками, пути движения растворов, фильтрационные свойства водоносных горизонтов и водоупоров, глубины залегания и характер поверхности зеркала грунтовых вод, их взаимоотношения с залежами выветрелых руд, показатели сорбционно-емкостных свойств пород, наличие естественного потока, скорость движения подземных вод, напор на кровлю водоносных горизонтов, геохимическая обстановка, гранулометрический состав и пористость.

Изучение гидрогеологических условий на площади производится путем откачек (наливов) на специальных опытных кустах и отдельных скважинах,

проведения режимных наблюдений. По результатам бурения и геофизических исследований выясняются условия обводненности кор выветривания, выделяются водоносные горизонты, оцениваются возможности фильтрации растворов по рудам, выделяются гидрогеологические районы, оценивается влияние гидрогеологических и инженерно-геологических условий на подземное выщелачивание. Каждый водоносный горизонт должен быть охарактеризован одним кустом. Отбираются пробы с ненарушенной структурой для изучения водно-физических свойств руд и вмещающих пород, их гранулометрического состава.

Геологоразведочные работы для открытой добычи, кроме соблюдения общих требований по сохранению экологической обстановки, специальных мероприятий не требуют. При подземном выщелачивании руд в естественном залегании необходимо предусматривать работы по нейтрализации реагента в продуктивной толще после окончания опытных и опытно-промышленных испытаний, по опытной рекультивации бассейна подземных вод. Проводится оценка токсичности технологических растворов, изучаются пути их миграции и влияние на водозаборы, обосновывается целесообразность создания и границ поясов санитарной защитной зоны месторождения и зон санитарной охраны водозаборов при наличии последних.

Степень воздействия подземного выщелачивания растворами на основе хлорсодержащих соединений на ландшафты, биологические объекты, почвы, горные породы, атмосферу значительно меньше, чем при открытой добыче с извлечением золота кучным выщелачиванием растворами на основе цианидов. Максимальное воздействие при подземном выщелачивании испытывают гидродинамические и гидрохимические режимы грунтовых вод. Поэтому необходим комплекс исследований по оценке природных факторов, способствующих надежной изоляции технологических растворов в рудовмещающем водоносном горизонте.

Геологическая документация должна отражать фильтрационные особенности разреза, количество минералов, активно реагирующих с продуктивными растворами (реликтовые сульфиды, оксиды железа, кобальта, марганца, карбонаты), количественное соотношение глинистого и песчано-щебнистого материала, наличие даже очень тонких прослоев глиен (водоупоров) и хорошо фильтрующих зон.

Параметры кондиций включают минимальное содержание или метрограмм золота в краевой выработке для оконтуривания балансовых запасов по площади залежи и минимальное промышленное содержание в блоке. При мощности водоносного

горизонта до 50 м рудный интервал по скважине совпадает с водоносным горизонтом, границы которого контролируют циркуляцию выщелачивающих золото растворов. В этих условиях минимальный метротонн является производной величиной от средней мощности продуктивного горизонта кор выветривания между зеркалом грунтовых вод, границей выветрелых и первичных руд и минимального содержания золота в краевой выработке. При мощности водоносного горизонта >50 м интервалы с повышенным содержанием золота внутри его могут выделяться при бортовом содержании в пробе 0,2 г/т Au (без применения линейного коэффициента рудоносности методом прессования).

В случае необходимости предусматриваются показатели кондиций, несущие геотехнологическую нагрузку: минимальный коэффициент фильтрации по блоку; максимально допустимое содержание в рудах алеврито-глинистой фракции; отношение мощностей водоносного горизонта и рудной; соотношение проницаемости руд и вмещающих пород; предельная глубина залегания уровня грунтовых вод, обводняющих продуктивную залежь; максимальная мощность прослоев пород, не проницаемых для продуктивных растворов, но включаемых в контур рудного тела. К забалансовым рудам относятся слабопроницаемые участки золотоносных кор выветривания, перспективные для подземного выщелачивания в случае усовершенствования технологии добычи и разработки иных модификаций, повышающих проницаемость руд.

Для подземного выщелачивания отдельно оценивают запасы в зависимости от обводненности и проницаемости руд и вмещающих пород. При определении балансовой принадлежности запасов, кроме экономической эффективности их разработки, учитывается положение руд относительно водоносного горизонта и обоснованных в ТЭО контуров разработки. При оконтуривании запасов исключаются участки непроницаемых пород. Интервалы, разделенные прослоями выдержанных водоупоров, рассматриваются как обособленные. По выделенным для подземного выщелачивания интервалам определяются суммарная «прессованная» мощность и продуктивность проницаемых руд, средневзвешенным способом — содержание золота. При оконтуривании блоков дополнительно учитываются условия формирования, морфология, минералого-геохимическая зональность, инженерно-геологические и гидрогеологические особенности кор выветривания.

Подземное выщелачивание не позволяет селективно разрабатывать обособленные концентрации золота в вертикальном разрезе кор выветривания.

Поэтому учет таких руд с помощью коэффициента рудоносности, определяемого по соотношению мощностей, не целесообразен. Коэффициент рудоносности, учитывающий прерывистость рудных тел в плане по соотношению числа рудных и пустых скважин, используется, если площади безрудных окон и размеры участков кондиционных руд сопоставимы или превышают размеры эксплуатационных ячеек.

При оценке контуров запасов категории C_2 и прогнозных ресурсов различных категорий по аналогии с более изученными частями месторождения (рудного поля) должна быть оценена идентичность геотехнологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

Таким образом, новый способ разработки — скважинное подземное выщелачивание — при геологоразведочных работах по корам выветривания требует, параллельно с оценкой золотоносности, изучения геотехнологических условий добычи (включая условия формирования, морфологию, минералого-геохимическую зональность кор, гидрогеологические и инженерно-геологические особенности месторождений) и воздействия поисковых и разведочных выработок на естественные гидрогеологические условия месторождений. При этом в разработку вовлекаются проницаемые руды со значительно более низкой золотоносностью, чем при традиционной открытой добыче. Это определяет иной состав параметров кондиций, новую трактовку морфологии, условий залегания и строения рудных тел. Допускаются приближенная геометризация концентраций золота в вертикальном профиле коры выветривания и оконтуривание рудных тел с учетом границ водоносного горизонта и пород разной проницаемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. — Алматы: Гылым, 1997.
2. Голнев В.Б. Геолого-методические основы разведки месторождений золота в глинистых корах выветривания. — М.: ЦНИГРИ, 2006.
3. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки. — М.: Недра, 1984.
4. Тарханов А.В., Жагин Б.П., Миронов Б.А., Шульгин А.С. Геологические аспекты проблемы освоения месторождений золота методом ПВ // Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов. М., 2005. Т. 2. С. 190–202.
5. Шумилин М.В., Викентьев А.В. Подсчет запасов урановых месторождений. — М.: Недра, 1982.



ДИНАМИКА И СТРУКТУРА РАСХОДОВ НА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ (ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ): СИМПТОМЫ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА И СРЕДСТВА ЛЕЧЕНИЯ

И.А.Кубанцев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

По сведениям National Resources Canada [4], в течение 2004–2008 гг. ежегодные расходы канадских компаний на геологоразведочные работы (твердые полезные ископаемые) в пределах страны превышали 1 млрд. канадских долларов (CAD), а в 2007–2008 гг. приблизились к абсолютному рекорду в 3 млрд. CAD. Во второй половине 2008 г. цены на большинство видов минерального сырья резко снизились. Поэтому руководители около 100 канадских компаний, затративших в 2008 г. более 1 млрд. CAD на геологоразведку, предпочли не раскрывать соответствующей статьи расходов на 2009 г. Около 30 крупных компаний объявили, что в ближайшее время вообще не будут заниматься геологоразведкой. Эти работы — в числе первых «жертв» кризиса. Ожидается, что в 2009 г. затраты на ГРП в Канаде будут сокращены примерно вдвое и составят около 1,5 млрд. CAD.

В течение 2007–2008 гг. затраты на геологоразведочные работы, проводимые вне инфраструктуры горнодобывающих предприятий, были рекордно высоки (2,1 млрд. CAD, или 75% всех расходов на разведку твердых полезных ископаемых). В 2008 г. данные работы выполнялись в рамках 72 проектов, на которые истрчено 526 млн. CAD (19% суммы расходов). Это на 6% больше, чем в 2007 г. Установившийся в то время высокий уровень цен на минеральное сырье вместе с гарантированным в течение года финансированием способствовали осуществлению проектов по переоценке геологоразведочных объектов и последующему вводу их в эксплуатацию или перепродаже (реструктурирование). Отсюда — возрастание доли расходов на дорогостоящие детальные исследования по оценке месторождений. Примерно половина затрат отнесена на разведочное бурение, объем которого был рекордно велик (6,9 млн. пог. м). Из них 6 млн. пог. м пройдены на тер-

риториях, не охваченных инфраструктурой горнодобывающих предприятий, а 90% (5,4 млн. пог. м) пришлось на алмазное бурение с дневной поверхностью.

Что касается затрат по видам полезных ископаемых, то в 2008 г. первое место принадлежало благородным металлам (1100 млн. CAD, рост 5% к 2007 г.), второе — цветным (708 млн. CAD, снижение на 5%), затем следуют уран (378 млн. CAD, снижение на 9%) и алмазы (227 млн. CAD, снижение на 29%). Отмечено, что затраты на геологоразведочные работы по алмазам в общем объеме финансирования ГРП снизились с 11% в 2007 г. до 8% в 2008 г. Объем затрат на поиски нерудного сырья, занимающего в этой последовательности шестую позицию (162 млн. CAD), вырос по сравнению с предыдущим годом на 410%, что обусловлено резким ростом спроса на калийные соли. В выигрыше от этого оказалась провинция Саскачеван, где данный вид сырья вышел на второе место после урана. Здесь на нескольких месторождениях калийных солей выполнены весьма дорогостоящие исследования. Далее следуют черные металлы (70 млн. CAD, снижение на 41%) и уголь (48 млн. CAD, рост на 40%).

В целом рост затрат канадских компаний на геологоразведочные работы в 2008 г. отмечен для угля, драгоценных металлов и нерудного сырья. В 2009 г. ожидается уменьшение затрат на геологоразведку по всем видам твердого минерального сырья.

В течение последних лет значительная доля затрат на ГРП в пределах Канады приходилась на юниорные компании, чьи активы выросли с 183 млн. CAD в 1999 г. до 2000 млн. CAD в 2007 г., а в 2008 г. составили 1800 млн. CAD. Их доля в общих затратах на геологоразведку в 2007 г. была рекордно высокой (67%) и немного снизилась в

2008 г., составив 63%. Доля крупных компаний в 2008 г. составляла 37%, или 1100 млн. CAD (рост за год на 14% , в денежном выражении около 130 млн. CAD). Предполагается, что как юниорные, так и крупные компании в 2009 г. резко снизят затраты на ГРП. Канадский обозреватель полагает, что первые сократят затраты сильнее, и в итоге доли сторон в финансировании геологоразведочных работ практически уравниются. Такое положение совсем не похоже на ситуацию 2007 г., когда юниорные компании истратили на ГРП вдвое больше, чем крупные.

Основываясь на данных из доклада А.А.Ледовских [1], приведем характерные черты реакции государственного сектора российской горно-рудной промышленности на кризисную ситуацию. В 2008 г. работы на твердые полезные ископаемые за счет госбюджетных средств проводились на 274 объектах в 46 субъектах РФ. Затраты федерального бюджета составили 7020 млн. руб., или 95% объемов финансирования на 2007 г. (в сопоставимых ценах). Преобладающая часть бюджетных средств (более 70%) по твердым полезным ископаемым вложена в поисковые и поисково-оценочные работы, около 60% которых выполнено в Сибири и на Дальнем Востоке. Приоритетными видами твердых полезных ископаемых являлись благородные металлы и алмазы (47,8% ассигнований), а также уран (18,7%).

Планируемый на 2009 г. объем финансирования из средств федерального бюджета на конец января 2009 г. составляет 18 930 млн. руб., что с учетом инфляции на 27% ниже уровня бюджетного финансирования 2008 г. и на 35% ниже, чем в 2007 г. Проведение работ планируется на 236 объектах в 37 субъектах РФ. На твердые полезные ископаемые будет выделено 5,7 млрд. руб. (30% общего объема ассигнований на ГРП). Очевидно, это в несколько раз меньше, чем планируется истратить на такие же цели в Канаде.

Положение дел в частном секторе российской горно-рудной отрасли характеризует высказывание одного из руководителей ГК «Норильский никель» С.Батехина: «В течение двух недель «Норникель» проведет сверку лицензий, приобретенных в рамках проектов... после чего мы определим, какие из них должны остаться в ГК. Проекты greenfield (ГРП на территориях, находящихся вне горных отводов. – И.К.), разбросанные по всей стране, нас не интересуют, «Норникелю» для развития нужны лишь стратегические проекты, такие как... Удокан, Кингаш и другие» [2].

То, как видят ситуацию руководители российских компаний-аналогов западных «юниоров», иллюстрирует выдержка из интервью А.Кузнецова, главного геолога дочерней компании «Норникеля», ООО «Востокгеология», информационному агентству «Чита.Ру»: «(Перед кризисом, – И.К.) объемы геологоразведочных работ составляли 160–200 километров бурения в год, или больше 10 километров ежемесячно, не считая аэрогеофизики, наземных геофизических и геохимических работ, проходки канав, аналитических, технологических и других исследований. «Норильский никель» сократил финансирование на 99%, и работы начали сворачиваться. В условиях скудного, практически нулевого финансирования приходится проявлять гибкость — заключать договоры с новыми подрядчиками, заниматься, например, строительными материалами, добычей и изготовлением щебня. Команда собрана из «Читагеологоразведки», «Читагеосъемки» и Забайкальского НИИ, из экспедиций — Казаковской, Балейской, старательских артелей, специалистов Урала и Бурятии. В компании не существует возрастного ценза, и работают специалисты всех возрастов. Пока основная масса геологов и геофизиков сохранилась. Сейчас мы не имеем возможности брать молодежь» [3]. В этих словах — суровая суть рецепта выживания нашей геологоразведки, обеспечивающего необходимое «лечение». Именно необходимое, поскольку его выполнения недостаточно для воспроизводства специалистов — станového хребта отрасли. Однако многие российские геологи имеют полное право повторить слова знаменитого пирата финансового моря и благотворителя Дж.Сороса: «По большому счету, я не боюсь все потерять. У меня ведь есть еще голова на плечах, и в голове этой еще есть мозги...». Именно в этом видится залог выживания отрасли в очередном кризисе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ледовских А.А. Основные результаты работ Федерального агентства по недропользованию в 2008 году и приоритетные задачи на 2009 год // Разведка и охрана недр. 2009. № 2. С. 4–10.
2. Трушина А., Шахов М. Младший брат «Норникеля». 25.07.2008, <http://www.rbcdaily.ru/2008/07/25/industry/364127>.
3. Шайтанова Е. Подробности, 09.04.2009, <http://www.chita.ru/articles/17381/>.
4. National Resources Canada, <http://mmsd.mms.nrcan.gc.ca/stst-stst/expl-expel/4-eng.aspx,15/04/2009>.

УДК 553.042.003.1

© Я.В.Алексеев, 2009

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ МИРОВОГО МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Я.В.Алексеев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Проанализированы базовые и приведенные показатели добычи и переработки основных видов минерального сырья за 1990–2005 гг. по пяти регионам мира. Дан их прогноз до 2011 г. В каждом регионе определены страны-лидеры по соответствующим показателям.

В условиях стремления человечества к сбалансированному (устойчивому) развитию и глобализации минерально-сырьевых баз (МСБ), входящих ряда ведущих стран в систему Всемирной торговой организации представляется целесообразным рассмотреть региональную структуру мирового минерально-сырьевого обеспечения. Такой анализ можно выполнить на основе материалов USGS [6, 7] и других информационных ресурсов [1–3].

В основу исследования положены показатели добычи основных видов минерального сырья за 1990–2005 гг. и их прогноз до 2011 г. В качестве базовых приняты показатели 2005 г., поскольку он отвечает периоду относительной стабильности мировой экономики и устойчивости цен на минеральное сырье.

Анализ проведен для пяти регионов — Азиатско-Тихоокеанского, Европы и Центральной Евразии, Латинской Америки, Ближнего Востока, Африки. В каждом регионе определены страны-лидеры по соответствующим показателям в сравнении с Канадой и США, не включенными в региональное деление. Дополнительно рассмотрена группа БРИК (Бразилия, Россия, Индия, Китай). По девяти твердым полезным ископаемым (ТПИ) проанализированы базовые и приведенные показатели добычи и переработки в сопоставлении со значением ВВП применительно ко всему региону и региональным странам-лидерам.

Азиатско-Тихоокеанский регион включает 31 страну общей площадью 29,9 млн. км² (22,4% суши). В 2005 г. численность населения составила 3,59 млрд. чел. (55,7% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. оценен в 23,24 трлн. дол. (38,4% мирового). В 2005 г. регион лидировал (рис. 1) по добыче угля (54%), Fe руд (48%), бокситов (53%), Ni (36%), Pb (56%), Zn (44%), Au (32%). С 1990 г. объем добычи вырос от 1,5 (фосфаты) до 2,4 (Fe руды) раз при среднегодовых темпах роста за 15 лет в целом >4% (табл. 1).

Крупнейшие добывающие страны — Австралия и Китай. Они разделяли между собой первое-второе

место по восьми видам ТПИ в регионе, но уступали Индонезии по Cu. Региональная доля последней составила 33%. На нее также приходилось 16% рудничного производства Au, 29% Ni, при этом Fe руды, Pb, Zn, фосфаты не добываются. В 2005 г. указанные страны в сумме обеспечивали 85% региональной добычи угля, около 77% Au и Fe руд, 91% фосфатов, от 76 до 96% руд цветных металлов.

Среднегодовые темпы добычи ТПИ в Китае в 1990–2005 гг. были выше региональных, что обуславливалось растущими потребностями динамично развивающейся национальной экономики, около 10,1% в год [8]. Наиболее высокие показатели отмечены для бокситов (14,4%), Pb (8,01%), Zn (9,61%). В Австралии аналогичные показатели, за исключением Fe руд, Cu и Ni, были меньше. В Индонезии добыча угля от уровня 1990 г. возросла в 14,3, Au в 11,6, Cu в 6,3, Ni в 2,3 раз.

Европа и Центральная Евразия. В состав региона входят 46 стран, из которых 34 относятся к Европе, остальные — бывшие члены СССР, за исключением трех республик Прибалтики. В 2005 г. численность населения составила 806,4 млн. чел. (13% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. оценен в 14,74 трлн. дол. (24,2% мирового).

На долю стран региона в 2005 г. приходилось 25,5% мировой добычи Ni, 19,6% угля, от 9,2 до 15,4% остальных ТПИ (см. рис. 1). Распад СССР привел к нарушению технологических и экономических связей между предприятиями по добыче, транспортировке и переработке минерального сырья [1], повлиял на показатели извлечения минерального сырья из недр, которые в 1990–2005 гг. характеризуются в целом отрицательными величинами (см. табл. 1). Крупнейшая добывающая страна региона — Россия (минимальное значение отмечено для угля — 26%, максимальное для фосфатов — 91%). Однако по Pb и Zn РФ уступала Ирландии, чей вклад составлял 21 и 29% соответственно. Динамика изменения объемов добычи в России в целом схожа с таковой в Европе и Центральной Евразии. Различия наблюдаются по Au

1. Темпы роста (убыли) добычи отдельных видов полезных ископаемых, %

Регион, страна	Уголь	Fe руды	Бокситы	Cu	Ni	Pb	Zn	Au	Фосфаты (P ₂ O ₅)
Азиатско-Тихо-океанский	4,71 3,56	6,12 3,28	4,06 3,14	5,91 4,68	4,98 6,10	3,94 2,06	5,09 4,79	4,04 4,54	2,64 0,95
Австралия	<u>4,22</u> 3,54	<u>6,33</u> 3,86	<u>2,50</u> 0,83	<u>7,12</u> 4,57	<u>7,07</u> 10,82	<u>2,0</u> 0,91	<u>2,58</u> 10,58	<u>0,50</u> 4,88	<u>Н. д.</u> 5,31
Китай	<u>5,17</u> 3,22	<u>6,12</u> 3,53	<u>14,38</u> 5,63	<u>6,78</u> 3,74	<u>5,81</u> 1,05	<u>8,01</u> 3,09	<u>9,61</u> 1,0	<u>5,56</u> 2,44	<u>2,40</u> 1,01
Индонезия	<u>19,40</u> 3,91	–	<u>1,18</u> 6,47	<u>13,11</u> 0,92	<u>5,84</u> 1,98	–	–	<u>17,79</u> 8,24	–
Европа и Центральная Евразия	-3,09 1,01	-1,29 3,30	0,21 2,48	0,53 4,20	-0,58 0,75	-5,28 1,27	-0,43 3,32	0,02 4,11	-7,17 0,17
Россия	<u>-1,86</u> 2,22	<u>-0,45</u> 2,75	<u>3,39</u> 3,26	<u>0,50</u> 4,28	<u>-1,14</u> 0,51	<u>1,22</u> 3,40	<u>1,09</u> 3,79	<u>-0,52</u> 1,94	<u>-6,33</u> -0,37
Ирландия	–	–	–	–	–	<u>4,03</u> -1,02	<u>6,53</u> 1,91	–	–
Латинская Америка	5,26 6,50	3,53 3,11	4,10 3,31	7,99 1,68	7,19 1,91	0,97 4,11	3,51 2,14	5,03 4,15	6,02 2,98
Бразилия	<u>2,46</u> 0	<u>4,20</u> 2,90	<u>5,30</u> 5,83	<u>9,10</u> 20,64	<u>8,18</u> 3,27	<u>3,71</u> 1,92	<u>0,55</u> 1,73	<u>-5,87</u> 3,47	<u>8,22</u> 3,41
Чили	<u>-8,40</u> -18,79	<u>-0,45</u> -0,75	–	<u>8,39</u> 0,55	–	<u>-1,61</u> 5,35	<u>0,93</u> -0,49	<u>2,61</u> 7,67	<u>-1,90</u> 0
Перу	<u>-12,91</u> 2,15	<u>5,15</u> 1,53	–	<u>8,01</u> 0,81	–	<u>3,60</u> 2,71	<u>4,76</u> 2,21	<u>22,10</u> 0,95	<u>-7,76</u> 4,28
Колумбия	<u>7,31</u> 5,19	<u>-0,22</u> -0,24	–	–	<u>8,95</u> -0,21	<u>Н. д.</u> –	–	<u>1,32</u> 1,87	<u>-1,48</u> 3,79
Африка	2,10 3,09	0,35 10,37	-0,67 9,89	-4,13 16,22	2,18 12,08	-2,59 -4,10	0,39 -2,32	-1,73 2,63	1,15 0,23
ЮАР	<u>2,27</u> 2,01	<u>1,54</u> 10,0	–	<u>-3,56</u> 1,69	<u>2,56</u> 10,22	<u>-3,27</u> -0,06	<u>-5,50</u> -0,59	<u>-4,68</u> 0,96	<u>-1,21</u> 0
Гвинея	–	–	<u>-0,26</u> 8,65	–	–	–	–	<u>6,05</u> 0	–
Замбия	<u>-3,05</u> 0,68	–	–	<u>-0,99</u> 10,19	<u>–</u> <u>Н. д.</u>	–	–	<u>8,52</u> <u>Н. д.</u>	–
Марокко	<u>Н. д.</u> –	<u>-18,74</u> 0	–	<u>-10,6</u> 0	<u>Н. д.</u> 0,03	<u>-3,21</u> -0,08	<u>9,87</u> 9,10	<u>8,86</u> 7,13	<u>1,92</u> 0,55
Ближний Восток	0,84 -1,76	6,14 20,09	-0,23 29,71	5,57 8,96	Н. д. 64,75	4,57 1,13	6,28 2,89	6,27 14,75	0,33 6,25
Турция	<u>0,74</u> -2,63	<u>-0,62</u> 3,43	<u>-3,19</u> -0,55	<u>2,53</u> 3,79	<u>Н. д.</u> 64,75	<u>4,41</u> -0,81	<u>1,67</u> 3,09	<u>11,25</u> 18,0	–
Иран	<u>3,75</u> 10,29	<u>11,33</u> 22,22	<u>9,01</u> 11,73	<u>7,95</u> 9,06	–	<u>4,73</u> 2,82	<u>10,23</u> 3,09	<u>-5,93</u> 61,13	<u>Н. д.</u> 4,91
Саудовская Аравия	–	–	–	<u>0</u> 0	–	<u>-13,18</u> 8,89	<u>-3,27</u> 12,25	<u>5,09</u> 8,25	–
Иордания	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>0,29</u> 2,95
Среднее	1,62 2,94	3,36 3,94	2,99 4,08	4,44 3,99	2,93 4,46	1,21 2,15	3,20 3,67	1,58 4,01	-0,54 1,37
Канада	<u>-0,09</u> 1,81	<u>-0,80</u> 1,24	–	<u>-1,91</u> 2,0	<u>0,08</u> 4,61	<u>-7,15</u> 2,14	<u>-3,84</u> 3,09	<u>-2,30</u> 2,09	<u>Н. д.</u> -3,86
США	<u>0,63</u> <u>Н. д.</u>	<u>-0,29</u> <u>Н. д.</u>	–	<u>-2,19</u> <u>Н. д.</u>	–	<u>-1,02</u> <u>Н. д.</u>	<u>2,16</u> <u>Н. д.</u>	<u>-0,92</u> <u>Н. д.</u>	<u>-1,99</u> <u>Н. д.</u>
Мир	1,41 -0,40	3,03 3,16	2,99 4,08	3,24 2,55	2,48 4,48	0,48 -0,18	2,28 2,24	1,03 2,03	-0,84 -2,86

Примечание. Во всех таблицах числитель — фактические темпы за 1990–2005 гг., знаменатель — прогнозирувавшиеся на 2006–2011 гг. (мир без учета США); прочерк — отсутствие добычи.

2. Ранжирование регионов и стран-лидеров по их вкладу в мировую добычу ТПИ в 2005 г.

Регион, страна	Уголь	Fe руды	Бокситы	Cu	Ni	Pb	Zn	Au	Фосфаты (P ₂ O ₅)
Канада	7	7	-	8	2	5	5	8	8
США	2	5	-	2	-	3	4	3	1
Азиатско-Тихо-океанский	1	1	1	2	1	1	1	1	2
Австралия	3	2	1	5	3	2	2	2	9
Китай	1	3	3	6	6	1	1	4	3
Индонезия	6	-	6	3	4	-	-	7	-
Латинская Америка	4	2	2	1	3	2	2	3	5
Бразилия	10	1	2	11	7	12	8	9	6
Перу	14	10	-	4	-	4	3	5	11
Чили	12	9	-	1	-	13	13	10	13
Колумбия	8	12	-	-	5	-	-	11	12
Европа и Центральная Евразия	2	3	3	3	2	3	3	4	3
Россия	4	4	5	7	1	9	7	6	4
Ирландия	-	-	-	-	-	6	6	-	-
Африка	3	4	4	4	4	4	4	2	1
ЮАР	5	6	-	12	8	8	12	1	7
Гвинея	-	-	4	-	-	-	-	12	-
Замбия	13	-	-	9	-	-	-	16	-
Марокко	-	13	-	14	10	7	10	15	2
Ближний Восток	5	4							
Турция	9	11	7	13	9	11	11	14	-
Иран	11	8	8	10	-	10	9	17	10
Саудовская Аравия	-	-	-	15	-	14	14	13	-
Иордания	-	-	-	-	-	-	-	-	5

Примечание. Курсивом обозначена первая или последняя позиция страны в ранжировании.

(спад в среднем на 0,5% в год), Pb и Zn (слабый рост на 1,2 и 1,1% в год). Выход Ирландии в региональные лидеры обусловлен увеличением добычи Pb в 1,8, Zn в 2,6 раза.

Латинская Америка. Регион включает 46 стран Северной и Южной Америки, Карибского бассейна, за исключением США и Канады, общей площадью 20,54 млн. км² (15,4% суши). В 2005 г. численность населения составила 557 млн. человек (8,65% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. оценен в 4,52 трлн. дол. (7,48% мирового).

Более чем трехкратный рост добычи меди в странах Латинской Америки в 2005 г. по сравнению с 1990 г. вывел регион на первое место в мире по рудничному производству металла. Вклад по остальным ТПИ был различным, в основном от 15 до 28%, кроме угля (1%) и фосфатов (5%).

В данном регионе можно выделить четыре ведущие добывающие страны: Бразилия — лидер по Fe рудам (86%), бокситам (44%), фосфатам (94%), Перу — по Pb (64%), Zn (57%), Au (47%), Чили — по Cu (75%), Колумбия — по углю (69%), Ni (27%). Среднегодовые темпы роста добычи в этих странах за 1990–2005 гг. были выше региональных, причем максимальные значения отмечены в Перу по Au — 22,1%. Соответственно это позволило им сохранить свое положение относительно 1990 г. за исключением добычи Au, по которому ведущей страной стало Перу, сместившее Бразилию, и Ni, по которому Куба уступила Колумбии.

Канада и США. Общая численность населения в 2005 г. составила 328,3 млн. чел. (5,1% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. — 13,4 трлн. дол. (21,9% мирового). В 2005 г. на эти страны приходи-

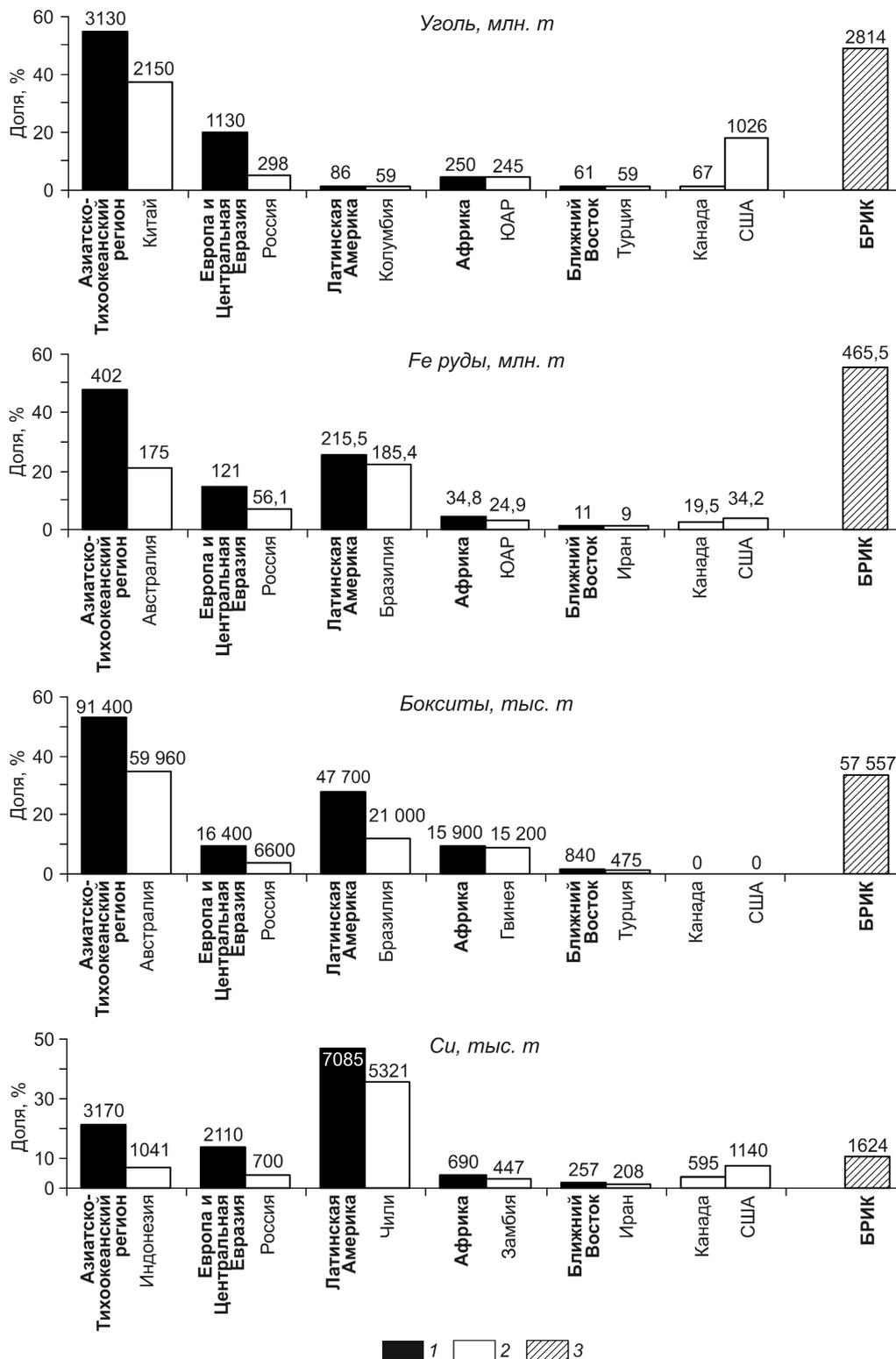
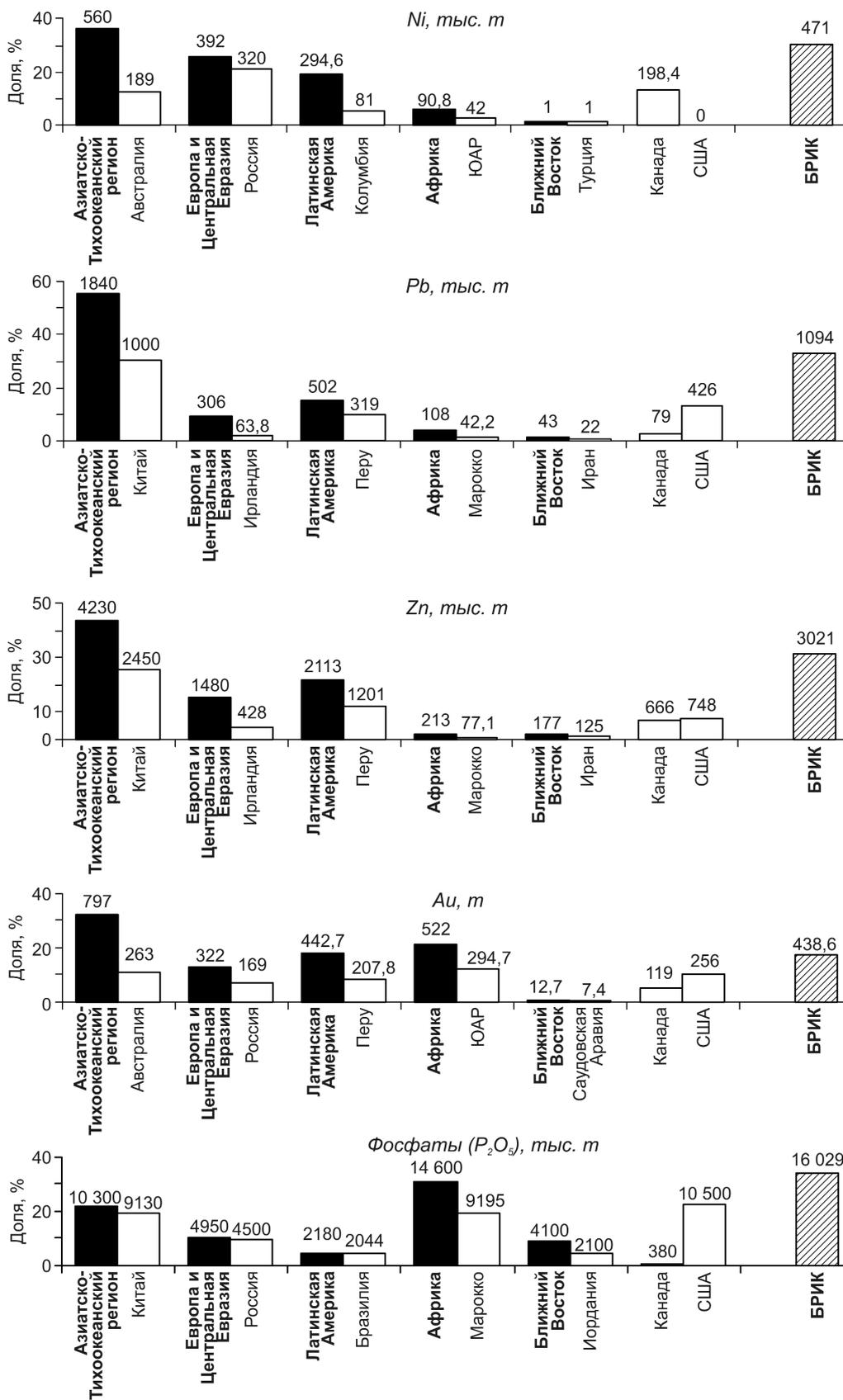


Рис. 1. Вклад регионов, стран-лидеров, группы БРИК в мировую добычу отдельных видов ТПИ в 2005 г.:

1 — регион; 2 — страна; 3 — БРИК



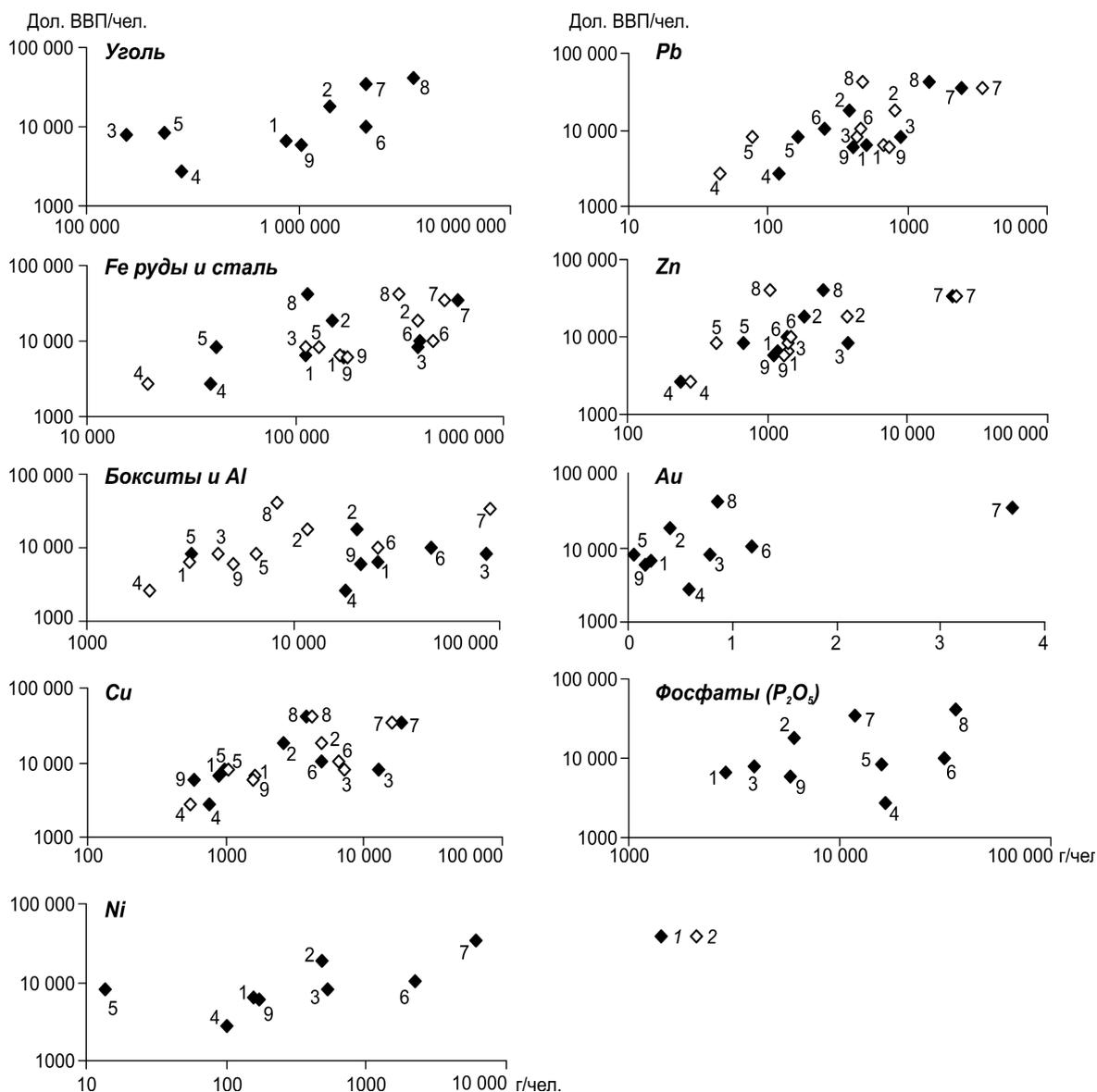


Рис. 2. Сопоставление приведенных значений добычи ТПИ и производства металлов (г/чел.) с приведенным ВВП (дол. ВВП/чел.) по регионам и отдельным странам в 2005 г.

1 — руда; 2 — металл; 1 — Азиатско-Тихоокеанский регион; 2 — Европа и Центральная Евразия; 3 — Латинская Америка; 4 — Африка; 5 — Ближний Восток; 6 — Россия; 7 — Канада; 8 — США; 9 — БРИК

лось 6% мировой добычи Fe руд, 12% Cu, 13% Ni, 15% Au, Pb, Zn, 19% угля, 23% фосфатов (см. рис. 1). С 1990 г. наблюдался спад добычи указанных полезных ископаемых за исключением угля и Zn в США, где она ежегодно увеличивалась в среднем на 0,63 и 2,16%, а также Ni в Канаде (см. табл. 1). Рудничное производство этого металла в 2005 г. достигло 198,4 тыс. т, что на 2,4 тыс. т. больше, чем в 1990 г.

Африка. В состав региона входят 56 стран общей площадью 30,36 млн. км² (20,4% суши). В

2005 г. численность населения составила 896 млн. чел. (13,91% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. оценен в 2,41 трлн. дол. (4,34% мирового). В 2005 г. Африка была ведущим добывающим регионом по фосфатам (31%) и вносила значительный вклад по добыче золота (21%). Доля остальных ТПИ составляла от 2 до 9% (см. рис. 1). Динамика среднегодовых темпов добычи в 1990–2005 гг. была как положительной, так и отрицательной (см. табл. 1). Добыча сосредоточена в четырех странах.

ЮАР лидирует по углю (98%), Fe рудам (71%), Ni (46%), Au (56%), Марокко — по Pb (39%), Zn (36%), фосфатам (62%), Гвинея — по бокситам (95%), Замбия — по Cu (64%).

Ближний Восток. Регион включает 15 стран. В 2005 г. численность населения достигла 262 млн. чел. (4,07% мировой), совокупный ВВП в ценах 2005 г. оценен в 2,15 трлн. дол. (3,52% мирового). Вклад Ближневосточного региона крайне незначителен и составлял от 0,1 (Ni) до 1,8% (Zn), за исключением фосфатов — 8,7%. Ведущие добывающие страны — Иран и Турция. По добыче Au лидировала Саудовская Аравия, фосфатам — Иордания (см. рис. 1). В целом с 1990 г. произошло увеличение добычи ТПИ, наиболее интенсивно — в Иране, где по Fe рудам отмечен пятикратный рост за 15 лет.

Таким образом, сопоставление регионов и стран-лидеров (табл. 2) показывает, что основная мировая добыча ТПИ сосредоточена в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Латинской Америке, Европе и Центральной Евразии. При этом ведущая позиция Азиатско-Тихоокеанского региона в четырех случаях (уголь, бокситы, свинец, цинк) определяется Австралией и Китаем. Лидерство Латинской Америки по добыче Cu обусловлено позицией Чили, где в 2005 г. было сосредоточено 35,4% мирового рудничного производства. Африка занимала первое место по добыче фосфатов за счет объема добычи в Марокко.

Из приведенных показателей (рис. 2) следует, что в США и Канаде наибольшая величина ВВП на человека — 41,5 и 34,2 тыс. дол. соответственно. В России она меньше и составляет 10,2 тыс. дол./чел. Практически равны региональные показатели ВВП на человека на Ближнем Востоке (8,2 тыс. дол./чел.) и Латинской Америке (8,1 тыс. дол./чел.). Азиатско-Тихоокеанский регион, являясь ведущим по совокупному ВВП, по его приведенному значению (6,5 тыс. дол./чел.) опережает только Африку (2,7 тыс. дол./чел.), что обусловлено значительной численностью населения и может быть признаком сильной дифференциации экономического развития входящих в него стран.

Среди рассматриваемых регионов Латинская Америка лидировала по годовой добыче ТПИ на человека, за исключением угля и фосфатов. При этом аналогичные показатели производства пяти металлов оказываются значительно ниже количества добываемой руды, что может свидетельствовать о преобладании экспорта сырья, а не продукции металлургического передела. Подобное различие, за исключением рафинированного Zn, характерно и для Африки. В то же время, Азиатско-Тихоокеанский регион, Европа и Центральная

Евразия, Ближний Восток характеризуются превышением производства металлов над добычей руды. Исключением являются бокситы в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Европе и Центральной Евразии, Pb и Zn на Ближнем Востоке. Из этого можно сделать вывод о том, что металлургическая промышленность в странах указанных регионов, кроме собственного, использует импортное сырье и скрап.

Канада в связи с меньшей численностью населения опережает Россию и США по добыче ТПИ (кроме угля и фосфатов) и производству пяти металлов на человека в год. В Канаде и России отмечены минимальные различия между удельными значениями добываемых Fe руд, руд Cu, Pb, Zn и продукции их металлургического передела. Из-за отсутствия добычи бокситов США, как и Канада, их импортирует. Более 90% из них используется для производства алюминия. Значителен также импорт товарных Fe руд. Медные месторождения штатов Аризона, Юта, Нью-Мексико, Невада, Монтана обеспечивают 99% потребностей металлургических предприятий страны [7]. Меньшее производство рафинированного Pb на одного человека по сравнению с аналогичным показателем рудничного производства связано с тем, что в объеме первого не учитывается вторсырье. При этом США являются крупнейшим мировым производителем вторичного Pb (в 2005 г. — 1,14 млн. т). Значительную часть руды и концентратов Zn США экспортировали (786 тыс. т.), эквивалентный объем импортируемого рафинированного Zn составил 668 тыс. т.

Группа БРИК. В 2001 г. в аналитической записке банка Goldman Sachs [5] Бразилия, Россия, Индия, Китай были впервые выделены в отдельную группу как развивающиеся страны с интенсивными темпами экономического роста. Для их обозначения был предложен термин «БРИК». Почти в каждом сравнении по основным макроэкономическим, демографическим, минерально-сырьевым показателям БРИК выступает глобальным объектом. Так, в 2005 г. численность населения в странах этой группы составила 2,73 млрд. чел. (42% мировой), суммарный ВВП в номинальном выражении оценен в 16,01 трлн. дол. (26% мирового).

На долю БРИК в 2005 г. приходилось 49% мировой добычи угля, 56% Fe руд, 33% бокситов и Pb, 11% Cu, 31% Ni и Zn, 18% Au, 34% фосфатов. Китай являлся основной добывающей страной рассматриваемой группы по углю, Cu, Pb, Zn, Au, фосфатам, но в то же время уступал России по приведенным величинам добычи отдельных видов ТПИ на человека (табл. 3).

3. Валовая и приведенная добыча отдельных видов ТПИ в странах группы БРИК в 2005 г.

Страны	Единица измерения	Уголь	Fe руды	Бокситы	Cu	Ni	Pb	Zn	Au*	Фосфаты (P ₂ O ₅)
Бразилия	тыс. т	6000	185 369	21 000	133	74	16	171	41 154	2044
	г/чел.	32 258	996 608	112 903	715	399	86	922	0,22	10 989
Россия	тыс. т	298 000	56 100	6600	700	320	36	200	169 297	4500
	г/чел.	2 085 462	392 599	46 188	4899	2239	252	1400	1,18	31 492
Индия	тыс. т	360 000	90 000	11 957	29	–	42	200	3200	355
	г/чел.	328 892	82 223	10 924	26	–	38	183	0,002	324
Китай	тыс. т	2 150 000	134000	18 000	762	77	1000	2450	225 000	9130
	г/чел.	1 648 141	102 721	13 798	584	59	767	1878	0,17	6999
БРИК	тыс. т	2 814 000	465 469	57 557	1624	471	1094	3021	438 651	16 029
	г/чел.	1 031 534	170 628	21 099	595	173	401	1108	0,16	5876

* Валовая добыча по Au приводится в кг.

С 1990 по 2005 гг. в указанных странах добыча в целом увеличивалась, за исключением России, где она сокращалась или ее рост был незначительным. Обращает на себя внимание превышение темпов производства металлов при сокращающейся или растущей менее интенсивно добыче сырья (наибольшее проявление в Китае), что может свидетельствовать об импорте концентратов и использовании вторсырья для удовлетворения потребности металлургической промышленности (табл. 4).

Среднесрочный прогноз до 2011 г. в целом предполагал замедление роста рассматриваемых показателей в Индии и Китае. В Бразилии и России ожидалось наращивание добычи отдельных полезных ископаемых и производства металлов. Из регионального прогноза, соответственно, следовало, что в Азиатско-Тихоокеанском регионе также произойдет снижение темпов роста добычи сырья (см. табл. 1) и выпуска продукции металлургического передела (табл. 5), в странах Латинской Америки — снижение интенсивности извлечения ТПИ из недр. Однако в среднем по регионам ожидалась интенсификация роста в добывающей и перерабатывающей отраслях, за исключением добычи Cu и производства рафинированного Zn.

Замедление роста добычи ТПИ и ее достигнутые объемы в регионах и странах-лидерах позволяют сделать вывод об отсутствии возможности ее дальнейшего наращивания по сравнению с 1990–2005 гг. Это может быть связано с исчерпанием естественных ресурсов недр на континентах, снижением уровней содержания полезных ископаемых до технологически и экономически предельных (так называемый минералогический предел), а также ростом

глубин добычи до технологически непреодолимых величин [2]. В результате сырье и продукты его переработки для внутреннего спроса они вынуждены импортировать из тех регионов или отдельных стран, где такая возможность есть, что приводит к росту соответствующих показателей.

Мировой экономический кризис, разразившийся в конце 2008 г., по всей видимости, станет причиной падения спроса со стороны промышленного и перерабатывающего секторов национальных экономик, что отразится не только на странах, чей минерально-сырьевой комплекс удовлетворяет их внутренние потребности, но и на тех, которые экспортируют и импортируют сырье.

В отдельных странах уже отмечены негативные последствия кризиса. Так, в Китае, еще недавно страдавшем от дефицита угля, теперь наблюдается избыток собственной угольной продукции. Из-за падения спроса на экспортируемые им товары сократилось потребление электроэнергии, необходимой для их производства. В Бразилии, одной из крупнейших стран-импортеров калийных и фосфорных удобрений, на октябрь 2008 г. было закуплено только 1 млн. т вместо 7 млн. т [4].

Таким образом, дальнейшее развитие региональных МСБ будет определяться глубиной и продолжительностью негативных явлений, происходящих не только в национальных экономиках, но и в мировой экономике в целом. При этом важно заметить, что промышленная инфраструктура мира будет и далее нуждаться в минеральном сырье, поскольку человечество не станет останавливаться в своем развитии, несмотря на то, что под воздействием макроэкономических факторов ожидается

4. Темпы роста (убыли) добычи отдельных видов полезных ископаемых и производства металлов (%) в странах группы БРИК

Страны	Уголь	Fe руды	Сталь	Бокситы	Al	Cu руды	Cu рафинированная	Ni	Pb руды	Pb рафинированный	Zn руды	Zn рафинированный	Au	Фосфаты (P ₂ O ₅)
Бразилия	2,46 0	4,20 2,90	2,90 3,55	5,30 5,83	3,22 15,19	9,10 20,64	0,79 12,33	8,18 3,27	3,71 1,92	-9,73 0	0,55 1,73	3,75 1,94	-5,87 3,47	8,22 3,41
Россия	-1,86 2,22	-0,45 2,75	-2,0 2,33	3,39 3,26	2,02 3,56	0,50 4,28	1,93 4,28	-1,14 0,51	1,22 3,40	4,32 3,26	1,09 3,79	-1,16 2,95	-0,52 1,94	-6,33 -0,37
Индия	3,15 5,77	6,62 1,08	5,61 3,58	6,20 7,06	4,98 0,59	-4,52 -1,80	18,22 7,55	-	4,04 1,16	2,82 5,31	6,85 2,36	9,13 13,61	3,25 Н. Д.	4,59 1,14
Китай	5,17 3,22	6,12 3,53	11,82 6,31	14,38 5,63	15,95 4,23	6,78 3,74	10,78 5,57	5,81 1,05	8,01 3,09	14,06 2,75	9,61 1,0	11,46 2,78	5,56 2,44	2,40 1,01
БРИК	3,69 3,45	4,25 2,73	6,40 5,45	6,98 5,75	7,15 5,35	3,09 5,86	7,23 5,96	0,52 1,06	7,35 3,01	12,18 2,81	7,50 1,33	8,62 3,85	0,84 2,35	-1,20 0,97

5. Темпы роста (убыли) производства металлов, %

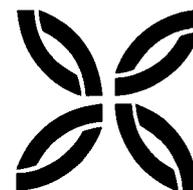
Регион	Сталь	Al	Рафинированные		
			Cu	Pb	Zn
Азиатско-Тихоокеанский	6,03 4,68	9,20 6,12	6,63 5,82	7,38 2,38	5,76 3,89
Европа и Центральная Евразия	-0,86 0,42	1,48 1,07	1,35 1,94	-4,24 0,43	-0,07 0,44
Латинская Америка	3,32 2,54	1,93 12,36	5,18 2,34	-0,64 1,51	3,05 2,97
Африка	1,97 5,28	7,60 10,06	-4,05 17,26	-5,93 -2,20	3,36 1,09
Ближний Восток	6,31 11,53	8,57 15,71	4,28 11,54	9,12 0	12,29 11,45
Среднее	2,87 3,63	4,65 6,27	3,71 4,57	2,17 3,90	3,02 2,79

некоторое торможение данного процесса. Соответственно, в среднесрочной и более долгосрочной перспективе рост добычи полезных ископаемых продолжится. Вследствие этого, кроме инновационного развития, России, занявшей устойчивую нишу в структуре мирового минерально-сырьевого обеспечения, утрачивать или отказываться от существующего положения безосновательно, так как его могут занять другие государства, обладающие лучшими условиями разработки месторождений и большей инвестиционной привлекательностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Вартянян С.С. Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. Мир и Россия / Под ред. И.Ф. Мигачева. – М.: ЦНИГРИ, 1998.
2. Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Мызенкова Л.Ф. Долгосрочные тенденции использования и развития минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов — оценка ситуации. // Руды и металлы. 2007. № 3. С. 7–25.
3. Мировая МСБ благородных и цветных металлов. 1970–2000–2025 / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, Б.И.Беневольский и др. – М.: ЦНИГРИ, 2003.
4. Обзор основных событий мирового минерально-сырьевого комплекса (выпуск 4). – М.: ИАЦ «Минерал», 2008.
5. Building Better Global Economic BRICs. Global Economics Paper. – Goldman Sachs, 2001.
6. Mineral Commodity Summaries. – USGS, 2005–2009.
7. Minerals Yearbook. – USGS, 2005.
8. World Economic Outlook Database. – IMF, 2007.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



11 декабря 2009 г. исполнилось 80 лет академику РАЕН и МАН, доктору геолого-минералогических и кандидату технических наук **Алексею Давидовичу Петровскому**.

А.Д.Петровский проработал в ЦНИГРИ 45 лет (1957–2002 гг.), пройдя путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораториями волновых методов (1969–1989 гг.) и системной оптимизации геологоразведочных работ (1989–1993 гг.), созданными по его инициативе. С 2004 г. он — главный научный сотрудник ИФЗ РАН.

Занимался разработкой геофизической скважинной и шахтной радиоволновой аппаратуры, а также организацией и проведением экспериментальных работ на месторождениях твердых полезных ископаемых (цветные металлы, золото, алмазы, пьезокварц и др.). Имеет 11 авторских свидетельств. Предложенные им методы и аппаратура широко внедрены в практику геологоразведочных работ на территории бывшего СССР (Кольский полуостров, Красноярский край, Рудный Алтай, Урал, Якутия, Приленский район, Украина,

Казахстан, Узбекистан, Таджикистан и др.). Применение подземной радиогоразведки в комплексе с другими геологоразведочными методами способствовало открытию кимберлитовых трубок Радиоволновая, ЦНИГРИ и др.

Монография «Радиоволновые методы в подземной геофизике», выдержавшая два издания (1971 г., 2-ое дополненное, 2001 г.), и «Руководство по радиоволновым методам скважинной и шахтной геофизики» в соавторстве с А.А.Поповым востребованы при научно-технических и практических работах.

Кроме геофизических, проводил научные исследования в области электродинамики, радиофизики, системного анализа. Активно участвует в просветительских, научных и практических геологических организациях, где делится своими знаниями и опытом. Он — четырежды лауреат ВДНХ и ВВЦ.

Награжден медалью «За доблестный труд», выпущенной к 100-летию со дня рождения В.И.Ленина, знаками «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр».

Поздравляем Алексея Давидовича Петровского с юбилеем, желаем здоровья, семейного счастья, творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

20 ноября 2009 г. исполнилось 80 лет кандидату геолого-минералогических наук **Феликсу Леонидовичу Смирнову**.

Ф.Л.Смирнов после окончания в 1953 г. Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина начал работать в НИ-ГРИЗолото. В 1954 г. им совместно с Л.И.Яковлевым на Майкаинском золоторудном месторождении в Северном Казахстане были открыты собственные минералы германия — германит и реньерит.

После окончания очной аспирантуры в 1958 г. трудился в ИМГРЭ, изучал минералогию и геохимию редких и рассеянных элементов на медноколчеданных месторождениях Урала.

В 1961–1963 гг. на островах Вайгач и Новая Земля в Северном Ледовитом океане участвовал в поисках и разведке редкометальных руд, в которых также обнаружил германиевые минералы.

В 1964–1975 гг. заведовал лабораториями геохимии золота, затем металлогении докембрия в Институте геологии Якутского филиала СО АН СССР. Изучал агроруды Сибири, является первооткрывателем Селигдарского месторождения апатита, одним из авторов монографии «Минералы германия и их месторождения» (1959 г.), соавтором геолого-экономических карт восточных районов России, подготавливаемых ВСЕГЕИ к изданию. За книгу «Геология апатитовых месторождений Сибири» (1980 г.) ему в 1988 г. присуждена премия Московского общества испытателей природы.

Ф.Л.Смирнов — автор более 200 научных работ, в том числе пяти монографий и сборников. На протяжении ряда лет был членом Экспертного совета МГ РСФСР по неметаллическим полезным ископаемым, членом Секции геологии и минеральных ресурсов научного совета по проблемам БАМ АН России. В настоящее время он — член Экспертного совета Комитета Совета Федерации по природным ресурсам и охране окружающей среды.

За научные достижения награжден дипломом и нагрудным знаком «Первооткрыватель месторождения», медалями «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы», знаком «Отличник разведки недр», Почетными грамотами института геологии ЯФ СО АН СССР, ЦНИГРИ, дипломами и грамотами ВДНХ.

Поздравляем Феликса Леонидовича Смирнова с юбилеем, желаем здоровья, благополучия, творческих успехов.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



7 декабря 2009 г. исполняется 75 лет кандидату геолого-минералогических наук, старшему научному сотруднику отдела научно-методического сопровождения ГРР ЦНИГРИ **Маргарите Сергеевне Михайловой**.

М.С.Михайлова работает в ЦНИГРИ с 1957 г., прошла путь от лаборанта до старшего научного сотрудника. Изучала колчеданные месторождения Южного Урала, долгие годы занималась геологией и золотоносностью Дальнего Востока. В 1969 г. защитила кандидатскую диссертацию по Многовершинному месторождению, выявив на объекте закономерные связи между магматизмом, метаморфизмом и золотым орудением.

Под ее руководством и при непосредственном участии на территории Хабаровского края, Амурской области и Бурятии проводились типизация обстановок формирования золоторудных месторождений, разработка критериев их прогноза, поисков и оценки. Эти исследования, положенные в основу комплекта прогнозно-металлогенических карт, на долгие годы предопределили направление геологоразведочных работ в крупном золотоносном регионе. Участвовала в геологическом обосновании подсчета запасов трех золоторудных объектов (Многовершинное, Покровское, Зун-Холбинское), успешно защищенных в ГКЗ, в создании в 90-е годы «Прогнозно-металлогенической карты золотоносности России» м-ба 1:2 500 000, которая послужила основой перспективного планирования геологоразведочных и научно-исследовательских работ на коренное золото. Проводила геолого-съёмочные и поисковые работы на золото и алмазы в Гвинейской Республике, читала курс лекций по метасоматозу в Республике Куба.

Результаты исследований М.С.Михайловой отражены в более чем в 60 публикациях, в том числе в ряде методических пособий.

В настоящее время занимается научно-методическим сопровождением прогнозно-поисковых и оценочных работ, а также апробацией прогнозных ресурсов по золоту и серебру на Дальнем Востоке и юге Сибири, способствующими укреплению минерально-сырьевой базы этих металлов.

Награждена медалями «Ветеран труда» и «В память 850-летия Москвы», знаком «Отличник разведки недр», Почетными грамотами Министерства геологии.

Поздравляем Маргариту Сергеевну Михайлову с юбилеем, желаем крепкого здоровья, новых творческих успехов и достижений в исследованиях.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



7 ноября 2009 г. исполнилось 75 лет кандидату геолого-минералогических наук, научному сотруднику отдела геологии, методов поисков и экономики месторождений благородных металлов ЦНИГРИ **Герману Семеновичу Симкину**.

После окончания Московского геологоразведочного института в 1958 г. трудился в Центральной геохимической экспедиции ИМГРЭ. Работал в Прибайкалье, Туве, Средней Азии, на Горном Алтае, Камчатке, а также в Афганистане.

В ЦНИГРИ работает с 1977 г., изучает золоторудные поля Сибири, северо-восточных и других регионов России. Внес большой вклад в разработку вопросов совершенствования геолого-геохимических методов поисков золоторудных месторождений. Участвовал в исследовании ряда крупных месторождений, составлении прогнозно-поисковых комплексов и многофакторных прогнозно-поисковых моделей рудных полей и месторождений. Исследования Г.С.Симкина отличаются тщательностью и детальностью в проработке научных проблем, комплексный подход к задачам прогнозирования. Он — автор более 50 работ, многие из которых имеют прикладное значение.

Награжден медалью «Ветеран труда».

Поздравляем Германа Семеновича Симкина с юбилеем, желаем здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Юрию Григорьевичу Шульгину — старшему научному сотруднику отдела конъюнктуры минерального сырья ЦНИГРИ, кандидату экономических наук, Заслуженному геологу Российской Федерации, Почетному разведчику недр, Почетному работнику высшего профессионального образования, Действительному члену Академии горных наук — исполнилось 70 лет.

После окончания в 1961 г. Иркутского политехнического института работал сменным буровым и горным мастером, старшим буровым мастером, начальником участка в различных производственных геологоразведочных организациях.

В тяжелых условиях Заполярья участвовал в разведке крупнейших Талнахского и Октябрьского медно-никелевых месторождений. Бригадой Ю.Г.Шульгина пробурены первые скважины на площади будущего Октябрьского месторождения. Его открытие позволило обеспечить дальнейшее развитие Норильского комбината. С 1967 по 1970 гг. занимался вопросами технической помощи в Иране. В 1970–1990 гг. работал в различных должностях в системе Территориального геологического управления центральных районов России, способствовал укреплению минерально-сырьевой базы наиболее востребованных полезных ископаемых данного региона. Многие годы посвятил разработкам по управлению геологоразведочными работами и реформированию геологической службы России. В 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию по экономике геологоразведочных работ.

В 1990–2001 гг. занимает различные руководящие должности в центральном аппарате Министерства геологии СССР, Госкомэкологии России, Роскомнедра, МПР России, творчески решает вопросы организационно-структурных преобразований, промышленного производства и новой техники, подбора и расстановки кадров. С 2001 г. и по настоящее время Ю.Г.Шульгин трудится в ЦНИГРИ. Отличное знание отрасли позволяет ему совершенствовать ряд основополагающих отраслевых документов по охране труда и безопасности ведения работ. С 2006 г. работает в лаборатории научно-методического сопровождения системы лицензирования недропользования.

Ю.Г.Шульгин — соавтор более 40 научных трудов. Награжден почетными грамотами Правительства Российской Федерации и ВЦСПС. В 2007 г. избран председателем Совета ветеранов ЦНИГРИ.

Поздравляем Юрия Григорьевича Шульгина с юбилеем. Желаем крепкого здоровья, творческих успехов и благополучия.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

5 декабря 2009 г. исполнилось 60 лет кандидату геолого-минералогических наук, старшему научному сотруднику отдела минералогии, изотопной геохимии месторождений благородных и цветных металлов ЦНИГРИ **Светлане Степановне Двуреченской**.

После окончания в 1972 г. МГРИ работала геологом в Приленской экспедиции на поисках и разведке урановых месторождений Якутии. С 1979 г. работает в ЦНИГРИ. На ряде месторождений Северо-Востока России (Дукат, Смелый, Тидит, Гольцовое, Халали, Доронинское и др.) ею впервые с применением современных аналитических методов детально исследован минеральный состав окисленных руд, в которых обнаружены ранее неизвестные минералы, выявлена стадийность и зональность гипергенной минерализации, рассмотрены генетические вопросы зоны гипергенеза в криогенных условиях. Разработана оригинальная методика оконтуривания окисленных руд и выявлены причины зависимости технологических свойств руд от их минерального состава.

Принимала участие в составлении отчета для сдачи в ГКЗ месторождений Дукатского рудного поля. В 1987 г. защитила кандидатскую диссертацию по минералогии зоны гипергенеза одного из золото-серебряных месторождений Северо-Востока СССР. В начале 90-х годов под ее руководством проведено изучение и минералого-технологическое картирование золото-серебряных руд на месторождениях Арылахское (Северо-Восток России) и Асгатское (Монголия).

С 1995 г. и по настоящее время выполняет большой объем минералого-петрографических исследований на золоторудных объектах Урала (Новогоднее-Монто), Чукотки (Кекура), Якутии (Таборное, Самозавское), Амурской области (Бамское), Бурятии (Хужир, Мукодек), Горной Шории (Кедровское, Шаманское, Алгаинское), Горного Алтая (Синюхинское) и др. Она — автор 60 научных трудов, в числе которых монография «Гипергенные минералы серебряных месторождений» (2001 г.).

Поздравляем Светлану Степановну Двуреченскую с юбилеем, желаем крепкого здоровья, семейного благополучия и новых успехов в научной деятельности.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ» В 2009 ГОДУ

От редколлегии. № 1. С. 5.

Выступление Председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации С.М.Миронова на парламентских слушаниях «О стратегии развития геологической отрасли на период до 2030 года» 20 ноября 2009 года, г. Москва. № 6. С. 5.

Аксенов Е.М., Васильев Н.Г. Состояние, проблемы и пути развития минерально-сырьевой базы нерудных полезных ископаемых. № 1. С. 32.

Бавлов В.Н., Михайлов Б.К. Основные результаты изучения и направления дальнейшего развития минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России. № 1. С. 6.

Беневольский Б.И., Вартамян С.С., Волчков А.Г., Курбанов Н.К., Новиков В.П., Стружков С.С. Состояние, проблемы и пути развития минерально-сырьевой базы благородных металлов. № 1. С. 14.

Вартамян С.С., Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Программно-целевая система прогноза и поисков месторождений твердых полезных ископаемых. № 1. С. 10.

Вартамян С.С., Машковцев Г.А., Аксенов Е.М., Кременецкий А.А. Научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ как один из основных факторов их эффективности. № 1. С. 35.

Голубев Ю.К. Состояние, проблемы и пути развития минерально-сырьевой базы алмазов. № 1. С. 22.

Избаиш О. Развитие в России аналитических услуг для горнодобывающей промышленности на примере Московской лаборатории Alex Stewart. № 1. С. 45.

Кременецкий А.А., Усова Т.Ю., Левченко Е.Н. Состояние, проблемы и пути развития минерально-сырьевой базы редких металлов. № 1. С. 38.

Машковцев Г.А., Коротков В.В., Печенкин И.Г., Покалов В.Т., Рогожин А.А. Состояние, проблемы и пути развития минерально-сырьевой базы черных и легирующих металлов. № 1. С. 29.

Мигачев И.Ф., Беневольский Б.И., Кривцов А.И., Кочнев-Первухов В.И. Состояние, проблемы и пути

развития минерально-сырьевой базы цветных металлов. № 1. С. 18.

Симонов О.Н., Лежнин А.А., Тарасов А.В., Торгашин А.С., Соколов А.С., Березий А.Е. Состояние, перспективы развития и использования минерально-сырьевой базы ОАО «ГМК «Норильский никель». № 1. С. 26.

Рекомендации IV секции «Воспроизводство минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых» для включения в резолюцию VI Всероссийского съезда геологов. № 1. С. 47.

Недропользование

Романов С.В., Кичало Я.Я. О стартовых размерах разовых платежей при проведении аукционов и конкурсов на право добычи твердых полезных ископаемых. № 2. С. 5.

Прикладная металлогения

Валиева Д.С. Классификация руд золоторудных месторождений Казахстана и рациональные методы их обогащения. № 3. С. 7.

Глухов А.Н. Магматические ассоциации и металлогения Хурчан-Оротуканской рифтогенной структуры, Северо-Восток России. № 5. С. 12.

Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Черненко З.И., Кузьмина О.Н. К методике поисков и оценки золоторудных месторождений нетрадиционных типов в карбонатных формациях Восточного Казахстана. № 3. С. 11.

Кислов Е.В., Гусев Ю.П., Орсов Д.А., Бадмацзыренова Р.А. Титаноносность Западного Забайкалья. № 4. С. 5.

Нарсеев В.А. Крупнообъемные месторождения золота — производные природы и научно-технического прогресса. № 3. С. 5.

Оникиенко Л.Д. Джеспилиты и богатые сингенетичные железные руды докембрия (саксаганский тип). № 3. С. 28.

Рафаилович М.С. Перспективы выявления в Казахстане близповерхностных месторождений золота нетрадиционных типов. № 5. С. 24.

Родионов С.М., Шнайдер А.А., Бакулин Ю.И., Борисенко А.С., Боровиков А.А. Новые данные о генезисе оловянного оруденения в Приморье. № 5. С. 18.

Рундквист Т.В., Припачкин П.В. К вопросу о геологическом строении и платиноносности восточной части Мончегорского плутона, Кольский полу-остров. № 4. С. 15.

Савельев Д.Е., Сначев В.И., Бажин Е.А., Романовская М.А. К проблеме типизации хромитовых месторождений Южного Урала. № 5. С. 5.

Хардииков А.Э., Парада С.Г., Холодная И.А. Литолого-фациальные условия золотоносности верхнепермских отложений Аян-Юрхского антиклинория Яно-Колымской складчатой области. № 3. С. 22.

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Барышев А.Н. Использование моделей рудно-магматических систем при прогнозе, поисках и оценке рудных районов, узлов и полей. № 4. С. 25.

Голубев Ю.К., Дорофеев С.А., Котов Д.А. Моделирование локального шлихоминералогического ореола в моренных отложениях района Костомукши, Карелия. № 2. С. 17.

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Василевский Б.Б., Хантемиров Р.М., Туресебеков А.Х. Перспективы расширения Мурунтау-Косманачинского рудного узла (Центральные Кызылкумы, Узбекистан). № 2. С. 28.

Журавлев Е.А. Критерии прогноза золоторудных узлов Яно-Колымской складчатой системы по данным дешифрирования космических снимков. № 5. С. 53.

Кустов Ю.Е., Зублюк Е.В., Еришова Е.В., Николаев В.И. Использование комплексной модели месторождений черных металлов и бокситов для целей прогноза и поисков. № 2. С. 10.

Мавричев В.Г., Молодцов И.В., Виноградов А.Е., Баранов В.Н., Чурсин В.П. Возможности крупномасштабных аэрогеофизических исследований при поисках золота в Республике Бурятия. № 6. С. 8.

Монтин А.С. Расчет оптимальной разведочной сети на участке Надежда месторождения Луккулайсвара. № 6. С. 11.

Турченко С.И., Вострокнутов Е.П., Брусничкина Н.А. Прогноз рудоперспективных площадей Мончегорского рудного района на основе структурно-дистанционных методов и применения экспертной системы. № 5. С. 36.

Филиппов В.А. Перспективы выявления осадочных месторождений меди в верхнерифейских отложениях западного склона Южного Урала. № 2. С. 23.

Чекваидзе В.Б., Миляев С.А. Эндогенные ореолы сидерофильных элементов золоторудных месторождений. № 6. С.

Щербакова Т.Е., Колесникова Т.И. Минералогические критерии типизации и локализации ореолов рассеяния индикаторных минералов кимберлитов в различных поисковых обстановках Зимнебережного района. № 5. С. 43.

Строение рудных месторождений

Анисимова Г.С., Протопопов Р.И. Геологическое строение и состав руд золото-кварцевого месторождения Вьюн, Восточная Якутия. № 5. С. 59.

Голенев В.Б. Сиалитные коры выветривания — как объект для инновационных технологий добычи золота в естественном залегании. № 3. С. 36.

Гусев А.И., Гусев Н.И., Ефимова И.В. Магматизм и оруденение Кумирского рудного поля, Горный Алтай. № 6. С. 21.

Имамендинов Б.Н. Геологическая позиция и строение Дора-Пильского золоторудного поля, Восточное Верхоянье. № 3. С. 53.

Копылов М.И. Модели оловорудных систем в сводовых поднятиях и вулканотектонических структурах юга Дальнего Востока. № 4. С. 33.

Мансуров Р.Х. Геологическое строение Петропавловского золоторудного месторождения, Полярный Урал. № 5. С. 70.

Некрасов А.И. Золото-медно-порфировое с серебром оруденение Эндыбальского субвулкана, Западное Верхоянье. № 2. С. 46.

Некрасов А.И. Количественная оценка диффузии водно-солевого флюида за счет аномальных температур и давления. № 6. С. 43.

Некрасов А.И., Тямисов Н.Э., Соловьев В.Н. Серебруродные месторождения Северо-Восточной Якутии — история изучения. № 6. С. 36.

Рамтилов М.О., Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г. Особенности редкометальной минерализации в альбититах и альбитизированных гранитах на площади Ангаро-Витимского батолита. № 6. С. 29.

Рафаилович М.С. Крупные золоторудные штокверки Центральной Азии, ассоциирующие с гранитными плутонами. № 3. С. 43.

Санин В.Н. Модель золоторудных проявлений в структурах Майско-Лебедской площади, Республика Алтай. № 4. С. 42.

Трухин Ю.П., Степанов В.А., Сидоров М.Д., Кунгурова В.Е. Шанучское медно-никелевое месторождение: геолого-геофизическая модель, состав и геохимия руд. № 5. С. 75.

Строение месторождений алмазов

Барышев А.С., Егоров К.Н. О совершенствовании методики поисков перекрытых коренных источников алмазов. № 4. С. 55.

Голубева Ю.Ю., Щербакова Т.В., Колесникова Т.И. Особенности вещественного состава кимберлитов трубки ЦНИГРИ-Архангельская, Зимнебережное поле. № 4. С. 66.

Игнатов П.А., Новиков К.В., Толстов А.В., Разумов А.Н. Морфология кимберлитов Майского месторождения в Накынском поле Якутии по результатам компьютерного моделирования. № 4. С. 62.

Хачатрян Г.К. Азотные и водородные центры в алмазе, их генетическая информативность и значение для решения прогнозно-поисковых задач. № 4. С. 73.

Комплексное использование минерального сырья

Клименко Н.Г. О комплексном использовании полиметаллических сульфидных руд. № 6. С. 65.

Макарьев Л.Б., Вояковский С.К., Илькевич И.В. Золотоносность урановых объектов в Кодаро-Удоканском прогибе. № 6. С. 56.

Чернышов Н.М., Кузнецов В.С., Петров С.В., Резникова О.Г. Золотоносность Стойленского железорудного месторождения КМА. № 6. С. 48.

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ

Голенев В.Б. Особенности подготовки золотоносных сиалитных кор выветривания для разработки методом скважинного подземного выщелачивания. № 6. С. 68.

Никулин А.И., Романчук А.И., Павлова Н.Н., Пономаренко В.И., Жарков В.В., Богомолов В.А. Технология переработки золото содержащих руд месторождения Сухой Лог с предварительной крупнокусковой фотометрической сепарацией. № 2. С. 68.

Зарубежный опыт

Алексеев Я.В. Основные показатели региональной структуры мирового минерально-сырьевого обеспечения. № 6. С. 75.

Кубанцев И.А. Соотношение «запасы–добыча» руд металлов в мировой горнорудной индустрии на 2009 г. № 4. С. 82.

Кубанцев И.А. Динамика и структура расходов на геологоразведочные работы (твердые полезные ископаемые): симптомы финансового кризиса и средства лечения. № 6. С. 73.

Дискуссии

Алексеев Я.В. Некоторые финансовые показатели отечественной системы недропользования (твердые полезные ископаемые). № 3. С. 66.

Рецензии

Бергман И.А. О применении изотопно-кислородного метода для реконструкции природы докембрийских железисто-кремнистых формаций. № 3. С. 69.

Кубанцев И.А. Определение Au, Pt и Pd в стандартных образцах состава руд: результаты межлабораторного эксперимента в США. № 3. С. 76.

Памяти

С.С.Бондаренко. № 2. С. 78, А.Д.Федина. № 2. С. 79, Е.М.Ершова. № 4. С. 84.

Краткие сообщения

Образцов А.И. О типичности и уникальности месторождений (на примере золоторудных объектов Средней Азии). № 2. С. 80.

Поздравляем с юбилеем

Н.И.Назарову, В.И.Воропаева, В.Ф.Гурина, Б.Я.Вихтера (№ 1), С.Г.Арцеву, В.Ф.Лоскутова, В.М.Яновского (№ 2), Е.А.Козловского, И.А.Августинчика, В.В.Кузнецова, Т.В.Пучкову (№ 3), Ю.К.Голубева (№ 4), В.П.Новикова, В.И.Куторгина, В.И.Лобача (№ 5), А.Д.Петровского, Ф.Л.Смирнова, М.С.Михайлову, Г.С.Симкина, Ю.Г.Шульгина, С.С.Двуреченскую (№ 6).

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2009 году. № 6. С. 88.

**Порядок оформления статей, представляемых в журнал
«Руды и металлы»**

**Настоящий порядок вводится с 2010 г. в соответствии с рекомендациями ВАК
Министерства образования и науки Российской Федерации и унификацией для
Научной Электронной Библиотеки (НЭБ)**

Образец оформления статьи

УДК.....

© А.С.Барышев, К.Н.Егоров, 2009

**О совершенствовании методики поисков перекрытых коренных источников
алмазов**

А.С.Барышев, К.Н.Егоров (Институт земной коры СО РАН)

Аннотация (на русском языке, не более 5–7 строк).....
.....
.....
.....
.....
.....

Ключевые слова (на русском языке, не более 5–7 слов).....
.....

Название статьи (на английском языке, полужирным шрифтом)

Фамилии авторов (на английском языке, полужирным шрифтом)

Аннотация (на английском языке, не более 5–7 строк).....
.....
.....
.....
.....
.....

Ключевые слова (на английском языке, не более 5–7 слов).....
.....

Контактная информация: почтовый адрес, *e-mail* для переписки, телефон.....

ТЕКСТ СТАТЬИ (см. требования к авторам статей).....

Требования к авторам статей

1. Рукопись статьи подготавливается в соответствии с образцом оформления и представляется с установленными сопровождающими документами: письмом (разрешением на опубликование) руководителя учреждения и экспертным заключением о возможности публикации в открытой печати. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.

2. К статье прилагается справка об авторе (авторах), в которой указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, место работы, адрес для переписки (почтовый), телефон, e-mail каждого автора.

3. Объем статьи — 15 страниц, включая таблицы и список литературы. Поля страницы — сверху и снизу по 2 см, справа 1 см, слева 3 см. Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два варианта — распечатка с принтера и электронный вариант в Text format (*.rtf), (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman (размер 12, полуторный межстрочный интервал). Текст, таблицы, рисунки помещаются в отдельные файлы. Таблицы должны иметь названия, набираются без сокращения слов (размер 10, один межстрочный интервал). Возможна передача статей по электронной почте: tsnigri@tsnigri.ru с пометкой для журнала «Руды и металлы».

4. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 3.0.

5. Список литературы приводится в конце статьи с нумерацией источников по алфавиту. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не включаются неопубликованные работы. Подписи печатаются на отдельной странице после списка литературы.

6. Рисунки и другие графические материалы (черно-белые, не более 5) прилагаются в печатном и электронном вариантах. На обратной стороне распечатки каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала (23×16). Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые и цифровые надписи на рисунках набираются на компьютере (шрифт 8), толщина линий рисунка — не менее 0,2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF — только для фото (*.tif), Corel Draw (*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

8. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать название статьи, текст, рисунки.

9. В целях облегчения редактирования статей редколлегия просит авторов использовать термины и понятия в значениях, отраженных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Пер. с англ. / Под ред. Н.В.Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / Под ред. А.И.Кривцова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.

Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / Под ред. А.И.Кривцова, В.М.Терентьева - СПб.: ВСЕГЕИ, 1991.

Доводим до сведения читателей, что в статье *С.И.Турченко, Е.П.Вострокнутова, Н.А.Брусничкиной* «Прогноз рудоперспективных площадей Мончегорского рудного района на основе структурно-дистанционных методов и применения экспертной системы» (Руды и металлы № 5/2009) авторами допущена неточность. Приведенные на с. 40 данные о содержании суммы металлов платиновой группы (35 г/т [5]) в рудном пласте 330 горизонта неверны. В руде месторождения сумма металлов платиновой группы не превышает 1,7 г/т, о чем просят сообщить авторы работы [5], на которую сделана ссылка (*Ю.Н.Нерадовский, Т.В.Рундквист, А.С.Галкин, В.Н.Климентьев* «К проблеме платиноносности рудного пласта-330 г. Сопча и его промышленного использования (Мончегорский плутон) // Тр. МТГУ, 2002).