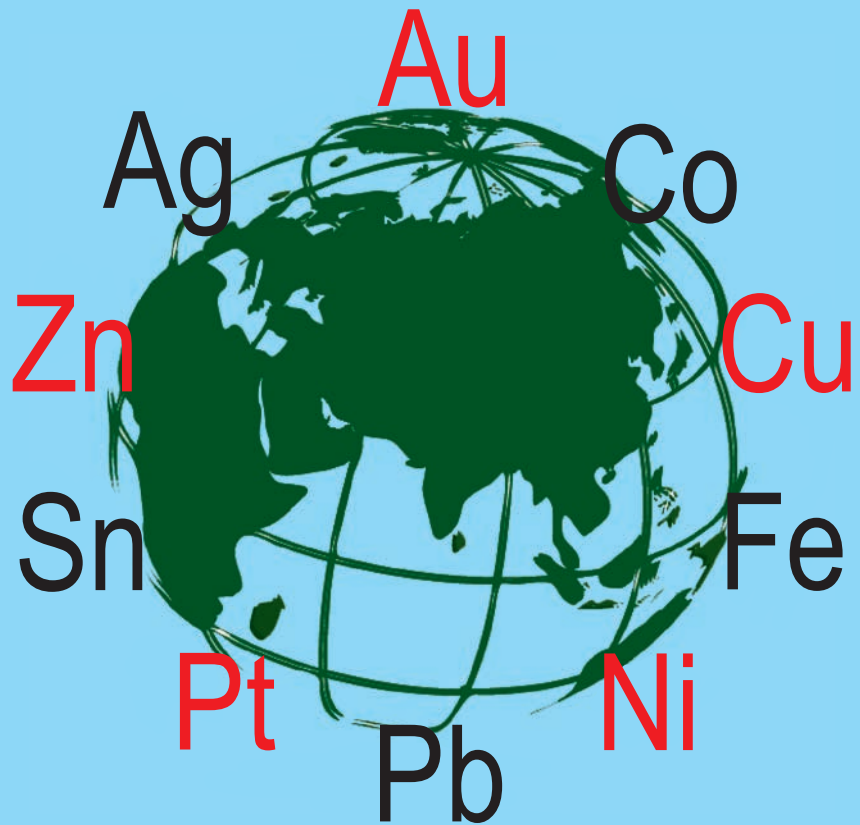


ISSN 0869-5997



ЦНИГРИ

И РУДЫ научно-технический журнал МЕТАЛЛЫ



1/2015

К 80-летию ЦНИГРИ
СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

И РУДЫ МЕТАЛЛЫ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 1992 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

ISSN 0869–5997

1/2015

Главный редактор Б.К.Михайлов

Заместитель главного редактора А.И.Иванов
Заместитель главного редактора В.С.Жаркова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б.И.Беневольский
В.И.Ваганов
С.С.Вартанян
А.М.Вахрушев
А.В.Волков
Ю.К.Голубев
В.С.Звездов
П.А.Игнатов
С.Г.Кряжев
В.В.Кузнецов
Д.А.Куликов
Г.А.Машковцев
И.Ф.Мигачев
Г.В.Ручкин
Г.В.Седельникова



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 2015

Руды и металлы
№ 1 – 2015

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 01919 от 21 декабря 1992 г.

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

Редакция: *Г.В.Вавилова, В.С.Жаркова, Н.И.Назарова*
Верстка и оригинал-макет: *Т.В.Лукина*

Подписано в печать 16.02.15 г. Формат 30×42 1/2. Бумага листовая. Печать офсетная
Отпечатано в ФГУП «ЦНИГРИ»: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1

Адрес редакции:
117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1, ФГУП «ЦНИГРИ»
Телефон: 8 (495) 315-28-47
Факс: 8 (495) 315-43-47
E-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru
Web: <http://www.tsnigri.ru/?q=node/24>

Сайт Научной Электронной Библиотеки: <http://elibrary.ru>

К 80-летию ЦНИГРИ	5
От главного редактора Основные задачи ЦНИГРИ и отраслевой геологической науки на современном этапе изучения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых	9
Вартанян С.С., Новиков В.П. Золото-серебряные месторождения вулканоплутонических поясов	14
Волчков А.Г., Кузнецов В.В., Никешин Ю.В. Направления геологоразведочных работ по укреплению минерально-сырьевой базы цветных металлов (Cu, Pb, Zn) Российской Федерации за счет средств федерального бюджета	30
Голубев Ю.К. Перспективы создания новой минерально-сырьевой базы алмазов в арктической зоне Якутии	36
Иванов А.И. Золоторудные месторождения в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах и перспективы выявления новых месторождений в Российской Федерации	45
Мандругин А.В., Седельникова Г.В., Кузнецов А.П., Пучкова Т.В., Серебряный Б.Л., Симакова Л.Г., Гума В.И. Современные методики анализа горных пород, руд и технологических продуктов при лабораторно-аналитическом сопровождении ГРП на благородные и цветные металлы	64
Мигачев И.Ф., Минина О.В., Звездов В.С. Перспективы территории Российской Федерации на медно-порфировые руды	74
Михайлов Б.К., Иванов А.И., Вартанян С.С., Беневольский Б.И. Проблемы минерально-сырьевой базы золота России	93
Седельникова Г.В., Романчук А.И., Ким Д.Х., Савари Е.Е., Ивановская В.П., Никулин А.И. Эффективные технологии переработки – основа повышения инвестиционной привлекательности месторождений упорных и бедных руд благородных и цветных металлов	100
Филиппов В.П., Риндзюнская Н.М., Зубова Т.П. Этапы изучения месторождений экзогенного золота – основные достижения и перспективы	109
Поздравляем с юбилеем О.В.Минину, А.И.Никулина, Г.В.Ручкина, Е.Е.Савари, Е.Н.Холкину	115
Памяти Н.К.Курбанова	120

The 80th anniversary of TsNIGRI	5
Editorial	
Major current tasks and targets of Russian economic geology and TsNIGRI.....	9
Vartanyan S.S., Novikov V.P.	
Au-Ag deposits of volcanoplutonic belts	14
Volchkov A.G., Kuznetsov V.V., Nikeshin Yu.V.	
Tasks and targets of the national budget-funded geological exploration for base metals (Cu, Pb, Zn).....	30
Golubev Yu.K.	
Future views for new mineral base of diamond industry in Arctic Yakutia.....	36
Ivanov A.I.	
Gold deposits within carbonaceous terrigenous and carbonate terrigenous complexes and prospects of discovering new such deposits in the Russian Federation	45
Mandrugin A.V., Sedelnikova G.V., Kuznetsov A.P., Puchkova T.V., Serebryany B.L., Simakova L.G., Guma V.I.	
Modern techniques and methods of the geological materials analysis for precious and base metals	64
Migachev I.F., Minina O.V., Zvezdov V.S.	
Prospectiveness of the Russian Federation territory for Cu-porphyrines	74
Mikhailov B.K., Ivanov A.I., Vartanyan S.S., Benevolsky B.I.	
Problems of Russia's mineral resource base of gold	93
Sedelnikova G.V., Romanchuk A.I., Kim D.Kh., Savari E.E., Ivanovskaya V.P., Nikulin A.I.	
Efficient ore processing techniques as a basis of progress in investment attractiveness of resistant and low-grade ores of precious and base metals.....	100
Filippov V.P., Rindzyunskaya N.M., Zubova T.P.	
Milestones and stages of the placer gold studies: major achievements and future views.....	109
Our congratulations	
O.V.Minina, A.I.Nikulin, G.V.Ruchkin, E.E.Savari, E.N.Kholkina.....	115
In memoriam	
N.K.Kurbanov	120

К 80-ЛЕТИЮ ЦНИГРИ

В марте 2015 г. исполняется 80 лет Центральному научно-исследовательскому геологоразведочному институту цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ). Его история началась с образования отдела в составе треста «Золоторазведка», но уже меньше чем через год, в январе 1936 г., он был выделен в отдельную хозрасчетную единицу – НИГРИЗолото и стал ключевой научной организацией по обеспечению страны драгоценным металлом.

Созданный в сложный период становления страны, в течение своего первого десятилетия несколько раз сменивший руководство институт рос, укреплялся и развивал деятельность в сфере изучения месторождений золота и выполнения планов золотодобычи. Претерпевший неоднократные реорганизации, переходивший в подчинение от одного ведомства к другому ЦНИГРИ расширял область исследований и стал основателем многочисленных научных школ и направлений.

В первые годы существования основной задачей ЦНИГРИ было всестороннее изучение месторождений золота. Великая Отечественная война внесла свои коррективы в его деятельность – большая часть сотрудников была направлена на рудники, где занималась вопросами добычи стратегических металлов для нужд оборонной промышленности. В этот период создавались и совершенствовались техника и технология подземной и открытой разработок месторождений золота и цветных металлов. Проводились детальные исследования по геологии и геофизике, разрабатывались направления поисково-разведочных и горнопроходческих работ. Позже было создано новое направление – научные исследования в области технологии обогащения золотосодержащих руд, песков и металлургии золота.

В 50-е годы сфера деятельности института значительно расширилась. Наряду с работами по золото-платиновой тематике, ЦНИГРИ начал проводить научно-исследовательские работы по медной, свинцово-цинковой и редкометальной подотрасли цветной металлургии и геолого-экономической оценке месторождений. Так, уже к 1957 г. он стал единственным комплексным научно-исследовательским горноразведочным институтом, занимающимся всеми вопросами в области прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений благородных, цветных, редких металлов и алмазов, геофизических методов поисков, техники и технологии геологоразведочных и буровых работ, обогащения и методов анализа руд, проблем развития минерально-сырьевой базы и цветной металлургии страны.

Именно сотрудниками ЦНИГРИ разработаны основные направления политики отрасли в геологоразведочных работах на благородные, цветные металлы и алмазы, в рудничной геологии, горнопроходческих работах и охране труда. В Тульском филиале института были выполнены исследовательские и конструкторские работы по созданию специального алмазного породоразрушающего инструмента, технических средств для пневмоударного бурения, разработаны принципиальные основы разрушения горных пород для ударно-канатного бурения.

В 1972 г. постановлением ГКНТ СССР ЦНИГРИ присвоен статус головной организации Мингео СССР по золоту, серебру, платине, меди, свинцу, цинку, никелю, кобальту и алмазам, а также по технике и технологии горноразведочных работ, буровой технике для разведки россыпных месторождений, охране труда и технике безопасности на геологоразведочных работах.

Под руководством ЦНИГРИ с 1986 г. проводились работы по геологии, методам прогноза, поисков и созданию технических средств добычи минерально-сырьевых ресурсов Мирового океана.

Широкий спектр решаемых задач определил ведущее положение института в геологической отрасли. К концу 80-х годов ЦНИГРИ стал крупнейшим научно-производственным центром с разветвленной организационной структурой, включающей периферийные отделения, филиалы, отделы, экспедиции и партии, решающим крупные отраслевые и региональные задачи. Научно-производственные базы в то время располагались в основных горнорудных районах страны, а научно-исследовательские и геологоразведочные работы проводились во всех союзных республиках. Численный состав института достигал 3000 человек, из них 70% трудились в региональных подразделениях – в Туле, Баку, Мирном, Тырныаузе, Семипалатинске, Заравшане, Архангельске, Магадане.

Со времени своего основания и по сей день ЦНИГРИ является одним из ведущих отраслевых институтов, чья деятельность направлена на решение проблем воспроизводства отечественной минерально-сырьевой базы.

В институте сформировались и в последующем эффективно развивались следующие научные направления:

создание (разработка) научно-методических основ, технологий, методов и методик прогноза, поисков, оценки, разведки и комплексного изучения месторождений цветных, благородных металлов и алмазов;

прикладная металлогения, модели рудообразующих систем и месторождений;

прогноз, поиски и оценка месторождений благородных, цветных металлов и алмазов, оценка прогнозных ресурсов;

геолого-экономическая оценка территорий и месторождений цветных, благородных металлов и алмазов, подсчет запасов;

стратегия развития минерально-сырьевой базы золота, цветных металлов и алмазов Российской Федерации и ее регионов, мировая конъюнктура минерального сырья, разработка долгосрочных государственных программ;

научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые и лицензионного недропользования;

генетическая и прикладная минералогия;

обогащение и переработка минерального сырья, аналитические исследования пород и руд;

геофизическое обеспечение прогноза и поисков месторождений;

техника и технология горноразведочных и буровых работ, охрана труда;

геологические исследования, создание методов и аппаратурных средств поисков, разведки и добычи полезных ископаемых Мирового океана.

Результаты исследований ЦНИГРИ позволили углубить фундаментальные знания об условиях образования и закономерностях размещения месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, создать научные основы прогноза, поисков и разведки месторождений, разработать и реализовать прогрессивные технологии прогнозно-поисковых работ, методологию построения количественных геолого-генетических, прогнозно-поисковых и других моделей. Важные достижения достигнуты в области создания и воспроизводства отечественной минерально-сырьевой базы, в исследовании геолого-экономических аспектов ее развития, комплексном минералого-технологическом изучении и переработке минерального сырья, а также техническом обеспечении геологоразведочных работ. Созданы методические руководства по оценке прогнозных ресурсов золота, серебра, МПГ, никеля, меди, свинца и цинка.

Геолого-генетические разработки реализованы в системе «прогноз – поиски – оценка» и прогрессивных технологиях геологоразведочных работ – прогнозно-поисковых комплексах (ППК), обеспечивающих выполнение требований к результатам геологоразведочных работ по стадиям.

Инициированное ЦНИГРИ создание научно-производственных групп повысило эффективность ГРП, выполнявшихся Мингео СССР, ускорило оценку, разведку и подсчет запасов многих месторождений. Продолжая традиции тесных связей науки с производством в наши дни, ЦНИГРИ возглавляет научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в РФ.

В 1992 г. территориальные подразделения были преобразованы в самостоятельные организации. Выстояв в трудную эпоху 90-х годов, ЦНИГРИ на высоком уровне продолжил выполнять поставленные перед ним задачи. Начиная с 1999 г. ЦНИГРИ – федеральное государственное унитарное предприятие, подведомственное МПР России, а с 2004 г. – Федеральному агентству по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

С 2000 г. начато создание системы управления развитием минерально-сырьевой базы, долгосрочных прогнозов минерально-сырьевого обеспечения экономики, основ национальной минерально-сырьевой безопасности, программно-целевых систем воспроизводства минерально-сырьевой базы, методов и методик оценки и переоценки прогнозных ресурсов.

В 2004 г. ЦНИГРИ как организация-координатор разработал «Долгосрочную государственную программу изучения недр и воспроизводства минеральной сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005–2010 гг. и до 2020 года)», в 2011–2012 гг. – подпрограмму (раздел твердые полезные ископаемые) «Воспроизводство минерально-сырьевой базы и геологическое изучение недр» в рамках государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов», утвержденной в 2014 г. Правительством РФ.

По заданиям отраслевых научных и производственных организаций институт координирует деятельность по воспроизводству минерально-сырьевой базы 43 видов твердых полезных ископаемых, осуществляет научно-методическое обеспечение федеральных геологоразведочных работ и мониторинг недропользования. При этом рабочими группами реализуются ранее созданные и новые методические подходы научного опережения и сопровождения геологоразведочных работ.

Институт выполняет работы по апробации прогнозных ресурсов, геолого-экономической оценке месторождений стратегического значения, стоимостной оценке запасов и ресурсов, оценке состояния и прогноза производства и потребления минерального сырья на ближнюю и дальнюю перспективы, сопровождению лицензионного недропользования, обоснованию эффективных направлений геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, обеспечивающих формирование годовых планов геологоразведочных работ Роснедра.

По госзаказам и в инициативном порядке ЦНИГРИ разрабатывает инновационные технологии для повышения полноты извлечения и использования высоколиквидного минерального сырья, осуществляет прогноз и поиски месторождений новых и нетрадиционных типов, включая рудные скопления дна Мирового океана.

Разработки института обеспечивают реализацию программы «Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года». На основе созданной системы управления воспроизводством минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых осуществляется формирование информационных ресурсов для реализации ряда функций Минприроды России и Роснедра в части обеспечения национальной минерально-сырьевой безопасности России.

Многие научно-технические достижения института получили широкое общественное признание. Серия разработок по оптимизации технологии проведения различных стадий геологоразведочных работ применительно к геолого-промышленным типам месторождений алмазов, цветных и благородных металлов удостоена премии Министерства геологии СССР (1987 г., 1988 г.). Такие исследования ЦНИГРИ, как «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации – комплект карт» (2001 г.), «Научное обоснование, создание и реализация системы прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации» (2007 г.), «Создание в условиях Крайнего Севера высокотехнологичного производства по добыче и переработке золотосодержащих руд при промышленном освоении месторождения «Олимпиадинское» (2007 г.) были отмечены премиями Правительства Российской Федерации, а работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность» – премией им. А.Н.Косыгина (2002 г.) и дипломом Российского геологического общества (2001 г.).

За период с 2000 по 2014 гг. научная и прикладная продукция института демонстрировалась на 38 международных и 26 российских выставках. ЦНИГРИ принимал участие в международных выставках «Золото. От месторождения до ювелирного изделия» (2000–2005 гг.), «Недра. Изучение. Разведка. Добыча» (2004–2014 гг.), «Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ» (2004–2006 гг.), PDAC – выставке Ассоциации Горняков и Старателей Канады (2005 г., 2006 г.), Московском Международном Салоне инноваций и инвестиций (2004 г., 2005 г.), выставке «Геология. Горнодобывающая промышленность. Geominex» (2007 г., 2008 г.), горнопромышленном Форуме «Майнекс Россия» (2013 г., 2014 г.), выставке «China Mining 2014». Экспонаты ЦНИГРИ отмечены 35 дипломами и 18 медалями.

За это время результаты научных исследований ЦНИГРИ докладывались на 34 международных конгрессах, форумах, конференциях, совещаниях и 66 всероссийских научно-практических конференциях, симпозиумах, круглых столах, семинарах, конкурсах молодых ученых, научных чтениях. Сотрудниками института были представлены доклады на сессиях Международного геологического конгресса (Москва, 1984 г.; Вашингтон, 1989 г.; Киото, 1992 г.; Пекин, 1996 г.; Рио-де-Жанейро, 2000 г.; Флоренция, 2004 г.; Осло, 2008 г.; Брисбен, 2012 г.).

В настоящий момент в ЦНИГРИ работают 350 человек, в том числе 14 докторов и 70 кандидатов наук. Среди научных сотрудников восемь действительных членов и членов-корреспондентов Российской академии естественных наук и Академии минеральных ресурсов, десять членов международных ассоциаций и зарубежных геологических обществ. В институте трудятся 20 лауреатов премий Правительства РФ, Совмина и Мингео СССР, два лауреата премии им. А.Н.Косыгина, десять заслуженных деятелей науки и техники и заслуженных геологов России, 15 первооткрывателей месторождений, 28 Почетных разведчиков недр и 69 Отличников разведки недр.

Значителен вклад ЦНИГРИ в подготовку геологических кадров высшей квалификации. С 1967 г. на Специализированном совете ВАК при институте защищено 285 диссертаций, из них 46 докторских и 239 кандидатских. С 2000 г. под авторством сотрудников ЦНИГРИ вышли в свет 93 монографии и учебных пособия, опубликованы сотни статей и докладов в периодических изданиях.

ЦНИГРИ является учредителем двух научно-технических журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы», в которых публикуются статьи по важнейшим вопросам геологии, поисков и разведки месторождений.

Обширны информационные ресурсы института. Научно-техническая библиотека, геологические фонды и музей «Руды благородных, цветных металлов и алмазов» обеспечивают специалистов ЦНИГРИ и других профильных организаций разнообразными видами геологических данных. В фондах содержится более 12 000 отчетов по результатам НИР и ГРП, около 100 000 карт и аэрофотоснимков, более 7000 единиц архивных геологических материалов. Библиотечный фонд составляет около 100 тысяч единиц хранения. В последнее десятилетие используется электронная форма хранения информационных ресурсов. Музей ЦНИГРИ содержит уникальную коллекцию образцов более чем 500 месторождений золота, цветных металлов и алмазов со всей территории Российской Федерации и важнейших рудных районов стран ближнего и дальнего зарубежья.

Уникальность и высокий уровень научно-методических разработок, их практическая направленность определяют сегодня перспективы развития института. Создана и постоянно совершенствуется система организации проведения научно-исследовательских и геологоразведочных работ, включающая научное опережение, научно-методическое обеспечение и внедрение рациональных методов и технологий прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений. Организационное и информационное сопровождение научно-исследовательских и геологоразведочных работ обеспечивает востребованность разработок института геологоразведочным производством. Накопленные информационные ресурсы, интеллектуальный потенциал и комплексный характер исследований служат гарантией слаженной и эффективной деятельности ЦНИГРИ.

*Дирекция
Ученый совет ЦНИГРИ*

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЦНИГРИ И ОТРАСЛЕВОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

История ЦНИГРИ началась в 1935 г., когда по инициативе начальника «Главзолото» А.П.Серебровского в целях изучения месторождений золота и выполнения планов его добычи был создан отдел в составе треста «Золоторазведка», а затем – научно-исследовательский геологоразведочный институт золотой промышленности – НИГРИЗолото. Со временем задачи, функции, сферы деятельности, структура института неоднократно уточнялись и конкретизировались, но неизменной оставалась практическая направленность проводимых исследований. Традиционной особенностью ЦНИГРИ были, есть и остаются тесная связь с геологоразведочным и горнорудным производством, научно-методическое сопровождение практической деятельности предприятий этого профиля. Созданные за многие годы научные школы и направления в большинстве своем не утратили значения и продолжают развиваться в современных условиях. В их числе:

- прикладная металлогения, модели рудообразующих систем и месторождений;
- прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов;
- экзогенная золотоносность;
- разведка, подсчет запасов и геолого-экономическая оценка месторождений;
- генетическая и прикладная минералогия;
- аналитические исследования пород и руд;
- обогащение минерального сырья.

Рассматривая и оценивая роль ЦНИГРИ с точки зрения решения текущих и перспективных задач геологического изучения и воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) твердых полезных ископаемых (ТПИ), нельзя не постулировать, что, будучи неотъемлемой частью геологической отрасли страны, институт всецело зависит от многих привходящих факторов. И ведущий из них – фактор состояния МСБ не только профильных для ЦНИГРИ металлов, но и других природных ресурсов, являющихся основой социально-экономического развития регионов и субъектов РФ, территорий и промышленных кластеров, наконец, страны в целом. В связи с этим основные задачи, решавшиеся и решаемые специалистами ЦНИГРИ, продолжают оставаться актуальными и на современном этапе развития геологической отрасли. И если экономическое благополучие страны во многом зависит от эффективности функционирования ее минерально-сырьевого комплекса, то состояние МСБ и вся система ее воспроизводства должны быть направлены на обоснование и создание предпосылок ввода в промышленное освоение новых конкурентоспособных минерально-сырьевых кластеров и отдельно взятых месторождений, а также на сырьевое обеспечение известных горнорудных районов.

Значение минерально-сырьевого комплекса и его основы – МСБ как главной бюджетообразующей отрасли народного хозяйства России – общеизвестно. Также известно, что в современных экономических условиях в сфере практических интересов государства и бизнеса из более 100 видов твердых полезных ископаемых, учитываемых Государственным балансом, находятся не более 20–25, среди которых изучаемые специалистами ЦНИГРИ золото, серебро, металлы платиновой группы, никель, кобальт, медь, свинец, цинк и алмазы имеют особое значение и относятся к высоколиквидным. Ежегодные затраты федерального бюджета на геологоразведочные работы (ГРР) по ним составляют 60–65% от суммы средств, выделяемых на воспроизводство МСБ ТПИ, а бизнеса и того более – до 80%. В структуре Кадастра прогнозных ресурсов ТПИ на долю этих металлов и алмазов приходится около 65% учитываемых объектов.

Вместе с тем, по оценке специалистов, состояние МСБ по ряду видов ТПИ не только неблагоприятно, но уже приближается к критическому. Это выражено в слабой (до 10–20 лет) обеспеченности многих

действующих предприятий рентабельными запасами и массовом снижении качественных показателей руд большинства месторождений, что в сочетании с использованием при их разработке устаревших технологий создает предпосылки постоянного роста потерь полезных компонентов и, как следствие, роста экологических рисков.

Основной причиной такого положения является постоянно снижающаяся эффективность всех стадий ГРП, в частности поисковых, выполняемых за счет средств федерального бюджета в условиях сокращения их объемов и снижения инвестиционной привлекательности геологоразведочной активности частного сектора. Кроме того, продвижение на рынке изученных за счет средств федерального бюджета объектов крайне невысокое, а геологоразведочная активность и эффективность частного бизнеса на объектах с нелокализованными прогнозными ресурсами предельно низкая.

К последствиям неблагоприятного положения дел в данной сфере относятся:

сокращение поискового задела участков недр для проведения ГРП по воспроизводству МСБ большинства видов ТПИ из-за многолетних нарушений «стадийной» технологии геологического изучения недр и воспроизводства МСБ ТПИ;

истощение государственного фонда недр для предоставления участков в пользование (реальные оценки показывают, что буквально через 3–5 лет фонд будет практически полностью исчерпан);

нереальность выполнения основных показателей подпрограммы 1 «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр» государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (ВИПР) по приросту локализуемых прогнозных ресурсов и запасов основной части ТПИ, обусловленная дефицитом подготовленных к поискам на стадии региональных работ и общих поисков площадей, истощением фонда легко открываемых месторождений, отсутствием новых подходов и технологий к выявлению перекрытых, слабо эродированных и «слепых» объектов, в том числе нетрадиционных типов, в силу длительного (около 30 лет) застоя отраслевой науки;

практическая «омертвленность» знаний и ранее затраченных государством средств в объектах, учтенных Государственным балансом запасов и Государственным кадастром месторождений (ГКМ) и проявлений. Многие десятилетия из-за отсутствия разработанных эффективных механизмов для огромного (более 20 000) числа таких объектов системный анализ названных документов на основе современных технико-технологических и геолого-экономических требований не проводится. Это одно из важнейших, включающих большой объем работ, направлений, особенно актуальных для регионов с высокой степенью геолого-поисковой изученности. С ним тесно связаны исследования в области разработок новых технологий добычи, обогащения и извлечения, которые способны изменить облик ранее известных месторождений, сделать их инвестиционно привлекательными, сформулировать перспективные задачи поисков новых объектов, в том числе в достаточно хорошо изученных районах.

С нашей точки зрения, программа ВИПР не сбалансирована в части организации и продвижения работ по созданию и внедрению в производство новых технологий, методов, методик и нуждается в особом внимании и перераспределении акцентов финансирования в пользу существенного увеличения тематических, опытно-методических, опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ. Их главной целью должно быть повышение эффективности геологического изучения недр и воспроизводства МСБ ТПИ, что возможно только на основе реализации комплекса взаимосвязанных мероприятий (программ) по:

разработке прогнозно-металлогенических карт разноранговых рудных таксонов;

разработке и внедрению в практику прогнозно-поисковых многофакторных моделей месторождений и адаптированных к ним прогнозно-поисковых комплексов;

разработке и внедрению в производство новых методик, методов и технологий ведения поисковых и оценочных работ, в том числе ориентированных на выявление на основе современных мировых достижений перекрытого, «слепого» и слабо эродированного оруденения, месторождений нетрадиционных типов;

разработке реальных, отвечающих современным достижениям науки геолого-экономических и технологических решений как инструментария, позволяющего актуализировать и расширять перспективы ис-

пользования имеющейся МСБ, повышать ликвидность нераспределенного фонда месторождений и проявлений;

переходу геологической отрасли на реальные принципы программно-целевого планирования мероприятий в сфере воспроизводства и использования МСБ, учитывающие геолого-экономические, прогнозно-металлогенические и социально-экономические особенности отдельных регионов и субъектов РФ.

В этих условиях государственная политика должна быть направлена на неукоснительное сохранение финансового обеспечения мероприятий по программе ВИПР и кратное расширение тематических, опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ по основным направлениям подпрограммы 1 «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр» государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» с соответствующим увеличением бюджетных ассигнований.

К сожалению, роль тематических и научных исследований в структуре государственных программ геологического изучения недр и воспроизводства МСБ ТПИ с начала 90-х годов прошлого столетия сведена до минимума, а некоторые актуальные направления по изучению рудных полей и месторождений перестали существовать. Последствия подобной политики, выраженные в общем снижении эффективности ГРР, начинают сказываться особенно остро только сейчас. В настоящее время среди работ ЦНИГРИ расходы на тематические не превышают 10% общих затрат и по смыслу в основном направлены на обеспечение функционала Федерального агентства по недропользованию (по сути, на оказание определенных государственных услуг). Поэтому последовательное восстановление и наращивание доли предметных тематических исследований, остро необходимых геологической отрасли и, прежде всего, производству для решения актуальных проблем МСБ ТПИ, должны быть важнейшим элементом любых программных документов.

По нашему мнению, на данном этапе для геологической отрасли страны важно не только сохранять, но и последовательно развивать исследования по следующим основным направлениям.

1. *Разработка рекомендаций по перспективному планированию производства геологоразведочных работ на ТПИ в пределах основных минерально-сырьевых центров Дальнего Востока, Забайкалья, Юга Сибири и Урала на основе принципов программно-целевого планирования работ по геологическому изучению недр и воспроизводству МСБ ТПИ как основы рационального недропользования.* В ходе этих работ будут решаться задачи:

анализа и оценки состояния МСБ ТПИ Дальнего Востока, Забайкалья, Юга Сибири и Урала;

опережающих прогнозно-металлогенических исследований на основе реализации принципов программно-целевого планирования работ по воспроизводству МСБ ТПИ на указанных территориях;

геолого-экономического изучения объектов, учтенных Государственным балансом запасов, ГКМ и Кадастром прогнозных ресурсов ТПИ, с разработкой предложений по эффективному недропользованию в пределах выделяемых минерально-сырьевых кластеров, синхронизированных с программами социально-экономического развития субъектов РФ;

совершенствования научно-методических подходов при прогнозе, поисках и оценке месторождений ТПИ, проводимых за счет всех источников финансирования;

разработки программы ГРР на ТПИ и предложений по лицензированию участков недр в пределах основных минерально-сырьевых кластеров Дальнего Востока, Забайкалья, Юга Сибири и Урала на ближнюю и дальнюю перспективы исходя из принципов программно-целевого планирования работ по геологическому изучению недр и воспроизводству МСБ ТПИ как основы рационального недропользования.

2. *Мониторинг оценок прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых для решения задач:*

мониторинга состояния прогнозных ресурсов по основным видам ТПИ по результатам завершенных ГРР в 2014–2016 гг. за счет всех источников финансирования;

актуализации оценок прогнозных ресурсов ТПИ, поставленных на учет до 2003 г.;

апробации прогнозных ресурсов ТПИ, выявленных по результатам проведенных ГРР и ГДП-200;

разработки предложений по актуализации учета информации по проявлениям ТПИ в рамках ГКМ;

разработки и реализации рекомендаций по оптимизации информационно-аналитической системы оценки прогнозных ресурсов;

формирования Кадастра прогнозных ресурсов ТПИ на 01.01.2015 г., 2016 г. и 2017 г.;

разработки проекта Регламента процедуры оценки (переоценки), учета и хранения информации по апробированным ТПИ;

разработки проекта Положения о порядке составления Кадастра прогнозных ресурсов территории РФ;

экспрессного геолого-экономического анализа оценок прогнозных ресурсов по объектам нераспределенного фонда недр, учитываемых ГКМ и Кадастром прогнозных ресурсов (Дальний Восток и Забайкалье); ранжирования объектов по основным геолого-экономическим показателям; рекомендации по включению объектов в программы ГРР и лицензированию участков недр.

3. *Анализ состояния Государственного баланса запасов на основе геолого-экономической переоценки* – геолого-экономическая и стоимостная переоценка объектов учета (рудное золото, медь, свинец, цинк, никель, алмазы в промышленно-сырьевых кластерах Дальнего Востока и Забайкалья) с учетом современных технико-технологических и экономических требований; ранжирование месторождений нераспределенного фонда недр по степени перспективности с использованием основных геолого-экономических показателей; рекомендации по государственному учету отдельных объектов.

4. *Разработка рекомендаций по использованию и комплексированию высокоинформативных и эффективных методов и технологий производства ГРР на алмазы, благородные и цветные металлы.* В ходе работ этого направления будут решаться следующие задачи:

ретроспективный анализ применяемых в практике ГРР по воспроизводству МСБ алмазов, благородных и цветных металлов поисковых и оценочных методов, методик и прогнозно-поисковых комплексов за период 2005–2014 гг. и оценка их эффективности;

актуализация разработанных прогнозно-поисковых моделей рудных районов, узлов, полей и месторождений ведущих геолого-промышленных типов применительно к конкретным условиям ГРР;

разработка и практическая апробация рациональных технологий проведения ГРР применительно к рудным районам, узлам, полям и месторождениям с учетом современных условий недропользования;

разработка рекомендаций для выбора объектов ГРР по воспроизводству МСБ алмазов, благородных и цветных металлов, опирающихся на геолого-поисковые модели объектов и рациональные комплексы поисковых и оценочных работ, с учетом обстановок нахождения этих объектов;

совершенствование и подготовка к изданию (внедрению) Методических рекомендаций по прогнозированию и поискам месторождений алмазов, благородных и цветных металлов (прогнозно-поисковые комплексы) и Требований к результатам и качеству ГРР на алмазы, благородные и цветные металлы применительно к различным масштабам поисковых и поисково-оценочных работ.

5. *Мониторинг и комплексный анализ мировых и отечественных достижений в области создания и использования передовых технологий обогащения и глубокой переработки руд благородных и цветных металлов.* С этим важнейшим направлением тесно связаны:

анализ типовых схем переработки золотосодержащих руд, включая труднообогатимые углеродсодержащие, оценка основного технологического оборудования и используемых реагентов, реализуемых в мировой и отечественной практике, в том числе определение особенностей вещественного состава золотосодержащих руд и концентратов, отрицательно воздействующих на показатели извлечения благородных металлов при обогащении руд, биогидрометаллургической и автоклавной переработке концентратов;

разработка способов снижения отрицательного влияния вредных компонентов на процессы переработки углеродсодержащих золото-сульфидных руд и концентратов на основе применения современных методов биотехнологий и новых реагентов;

разработка рекомендаций по оптимизации режимов биоокисления золото-сульфидных руд и концентратов, гидрометаллургической переработке продуктов биоокисления и обезвреживанию токсичных компонентов;

разработка методических рекомендаций по использованию новейших зарубежных и отечественных достижений в области переработки руд и концентратов благородных металлов.

По нашему глубокому убеждению, реализация перечисленных направлений будет способствовать повышению не только эффективности планирования и производства ГРР на ТПИ, но и инвестиционной привлекательности учитываемых и изученных ранее участков недр. При этом очевидно, что сказанное выше диктует необходимость поиска и реализации принципиальных инновационных направлений развития МСБ страны, базирующихся на прикладных научных разработках. Только в этом случае с использованием их на практике можно создать условия для резкого повышения эффективности как ГРР, так и процесса недропользования. Система предлагаемых направлений по существу рассматривается в качестве современного этапа развития геологоразведочной отрасли. При этом ЦНИГРИ, обладая достаточными потенциалом и опытом, способен обеспечить инновационный процесс в отрасли по отношению практически ко всему комплексу ТПИ.

Б.К.Михайлов

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Вартанян Сергей Серопович
vartanyan@tsnigri.ru

Новиков Вячеслав Петрович
novikov@tsnigri.ru

Рассмотрена история исследования золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов Востока России. Приведена характеристика основных элементов геологического строения, вещественного состава руд и вмещающих пород типовых объектов островодужного (Курило-Камчатского) и краевого (Восточно-Сихотэ-Алинского) вулканоплутонических поясов, сопряженных с экструзивно-эффузивными комплексами (Агинское, Белогорское) и вулканоплутоническими ассоциациями (Мутновское, Многовершинное).

Ключевые слова: вулканоплутонические пояса, золото-серебряные месторождения, Курило-Камчатский пояс, Восточно-Сихотэ-Алинский пояс, вулканоструктура.

AU-AG DEPOSITS OF VOLCANOPLUTONIC BELTS

FSUE TSNIGRI

S.S.Vartanyan
V.P.Novikov

History of studies of Au-Ag deposits localized in volcanoplutonic belts of East Russia is considered. Major structural features, ore geochemistry and mineralogy, and host rock geology of the type mineralizations localized in the insular arc (Kurile-Kamchatka) and continental margin (East Sikhote-Alin) environments of volcanoplutonic belts and adjoining extrusive-effusive complexes (Aginskoe, Belogorskoe) and volcanoplutonic series (Mutnovskoe, Mnogovershinnoe) are discussed.

Key words: volcanoplutonic belt, Au-Ag deposit, Kurile-Kamchatka belt, East Sikhote-Alin belt, volcanostructure.

Среди золоторудных месторождений различной формационной принадлежности по богатству руд традиционно выделяются золото-серебряные вулканоплутонических поясов. Устойчивое внимание промышленности к данной группе объектов, несмотря на подчиненное значение их в балансе золотодобычи, обусловлено богатством руд, отсутствием вредных примесей, а также возможностью попутного извлечения серебра, свинца, теллура, ртути и др. Наряду с крупными и уникальными месторождениями, в этой группе широко представлены мелкие объекты, «бонанцевый» характер оруденения которых позволяет рентабельно отрабатывать их без значительных капитальных затрат,

что особенно важно для недостаточно освоенных районов Востока России.

Выдвижение Г.П.Воларовичем в конце 60-х годов проблемы золотоносности окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов привело к выявлению крупных золото-серебряных месторождений на Востоке России, на изучение которых были направлены усилия большого коллектива специалистов ЦНИГРИ.

На Многовершинном, Карамкенском, Хаканджинском месторождениях в 1968–1972 гг. плодотворные изыскания осуществили М.И.Воин, А.И.Казаринов, А.В.Горелышев, М.С.Михайлова, Ю.А.Эпштейн, Ф.А.Шохор, А.А.Красильников,

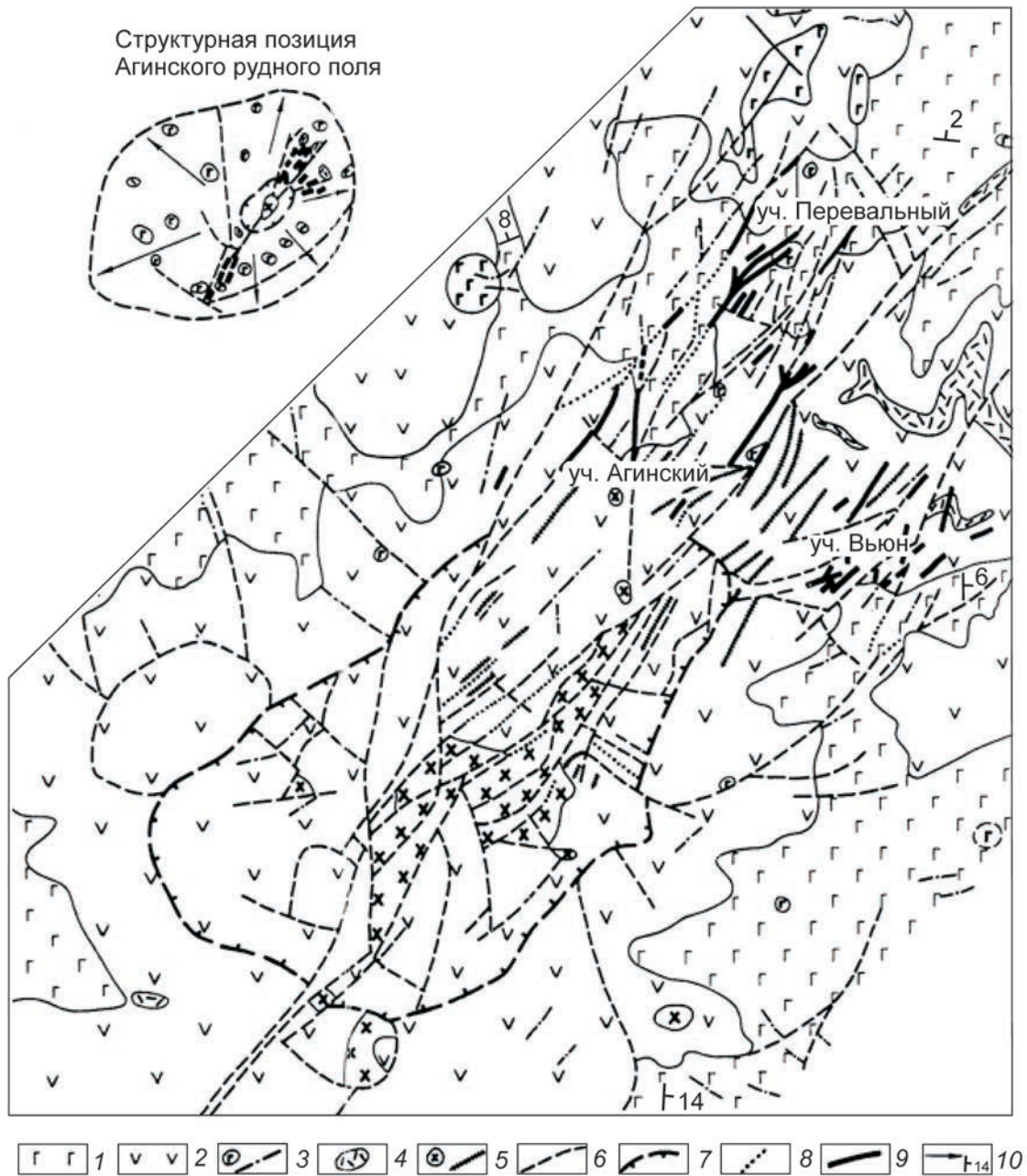


Рис. 1. Структура Агинского рудного поля:

1 – верхняя пачка верхнемиоцен-плиоценовых вулканитов; 2 – средняя пачка верхнемиоцен-плиоценовых вулканитов; 3 – некки и дайки андезитобазальтов, базальтов; 4 – дайки и силлы дацитов; 5 – штоки и дайки диоритовых порфиритов, андезитов; 6 – разрывы; 7 – разрывы, ограничивающие кальдеру; 8 – зоны гидротермально измененных пород; 9 – рудные тела; 10 – элементы залегания вулканитов

А.Н.Некрасова, Т.Н.Косовец, О.В.Русинова, Э.И.Алышева. Перечисленными специалистами, а также В.П.Новиковым, Ю.Н.Родионовым, П.С.Фоминим и другими исследователями в Хабаровском крае изучены золото-серебряные

месторождения Белогорское, Дыльменское, Дурминское.

В 1973–1976 гг. существенный вклад в создание геологической основы и подсчет запасов по Дукатскому золото-серебряному месторождению

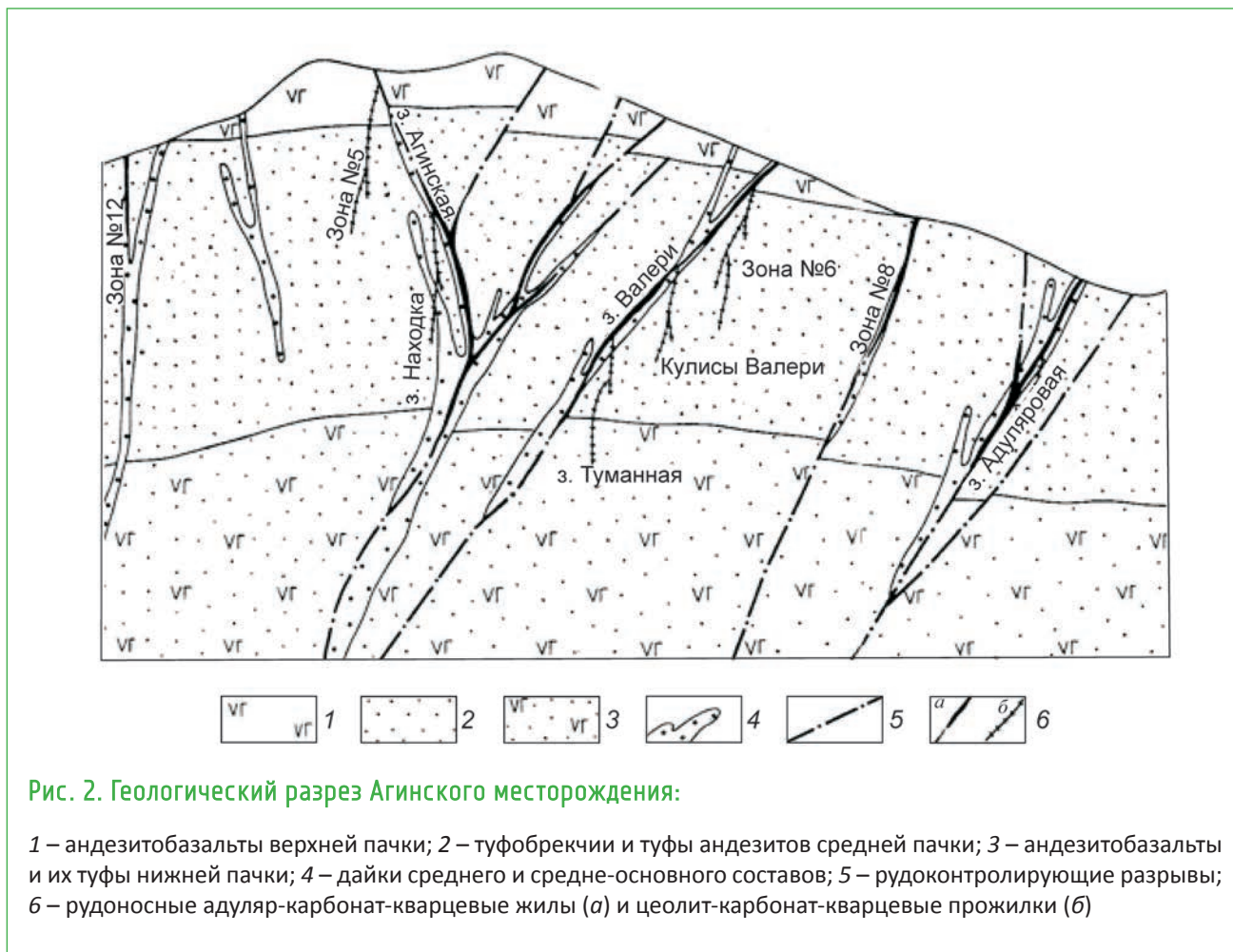


Рис. 2. Геологический разрез Агинского месторождения:

1 – андезитобазальты верхней пачки; 2 – туфобрекчи и туфы андезитов средней пачки; 3 – андезитобазальты и их туфы нижней пачки; 4 – дайки среднего и средне-основного составов; 5 – рудоконтролирующие разрывы; 6 – рудоносные адуляр-карбонат-кварцевые жилы (а) и цеолит-карбонат-кварцевые прожилки (б)

внесли работы М.М.Константинова, В.Ф.Лоскутова, Х.Х.Лайпанова, Ю.С.Бермана, Ю.И.Камышева, В.В.Тищенко, В.В.Стефановича, В.И.Зеленова, Ю.Г.Малашева, В.И.Пятницкого и Н.П.Варгуниной. Изучение месторождений Дукатского района (Лунный, Мечта, Тидит, Булур) были успешно продолжены В.М.Шашкиным, С.Ф.Стружковым, В.Б.Кубониным и др.

С начала 70-х годов под руководством Г.П.Воларовича начались исследования по прогнозу золото-серебряных месторождений в новой Камчатско-Курильской провинции, завершившиеся открытием месторождений Агинское, Аметистовое, Озерновское, Родниковое и др. Большая заслуга в этом принадлежит Ю.М.Щепотьеву, С.С.Вартаняну, В.Ю.Орешину, О.А.Наумовой и М.Е.Вакину.

Исследования ЦНИГРИ на базовых золоторудных объектах имели настолько заметное практическое значение, что в начале 70-х годов было разработано положение и принято решение о создании на наиболее перспективных объектах Мингео СССР научно-производственных групп по подготовке

месторождений к подсчету запасов или переоценке и генеральному пересчету запасов крупных объектов. Среди таких групп, успешно выполнивших возложенные на них обязанности, необходимо упомянуть группы, работавшие на следующих месторождениях: Многовершинном – М.С.Михайлова, Т.Н.Косовец, В.В.Крылова, Э.И.Алышева, А.А.Фельдман, Покровском – В.П.Новиков, М.С.Михайлова, Ю.Н.Родионов, М.Ю.Катанский, Агинском – Ю.М.Щепотьев, С.С.Вартанян, Л.И.Бочек, М.Ю.Катанский, Б.В.Гузман, В.Ю.Орешин.

В начале 2000-х годов работами ЦНИГРИ (Ю.М.Щепотьев, С.С.Вартанян и др.), а также Горно-Алтайской экспедиции и ИМГРЭ обосновано выделение месторождений золота нового, нетрадиционного для Алтая, геолого-промышленного типа – золото-серебряных, локализованных в вулканоструктурах девонско-каменноугольного возраста. В результате в последующем были открыты такие объекты, как Суричское, Курьинское и др. Наряду с наличием традиционного для Алтая золото-сульфидно-кварцевого типа золотого ору-



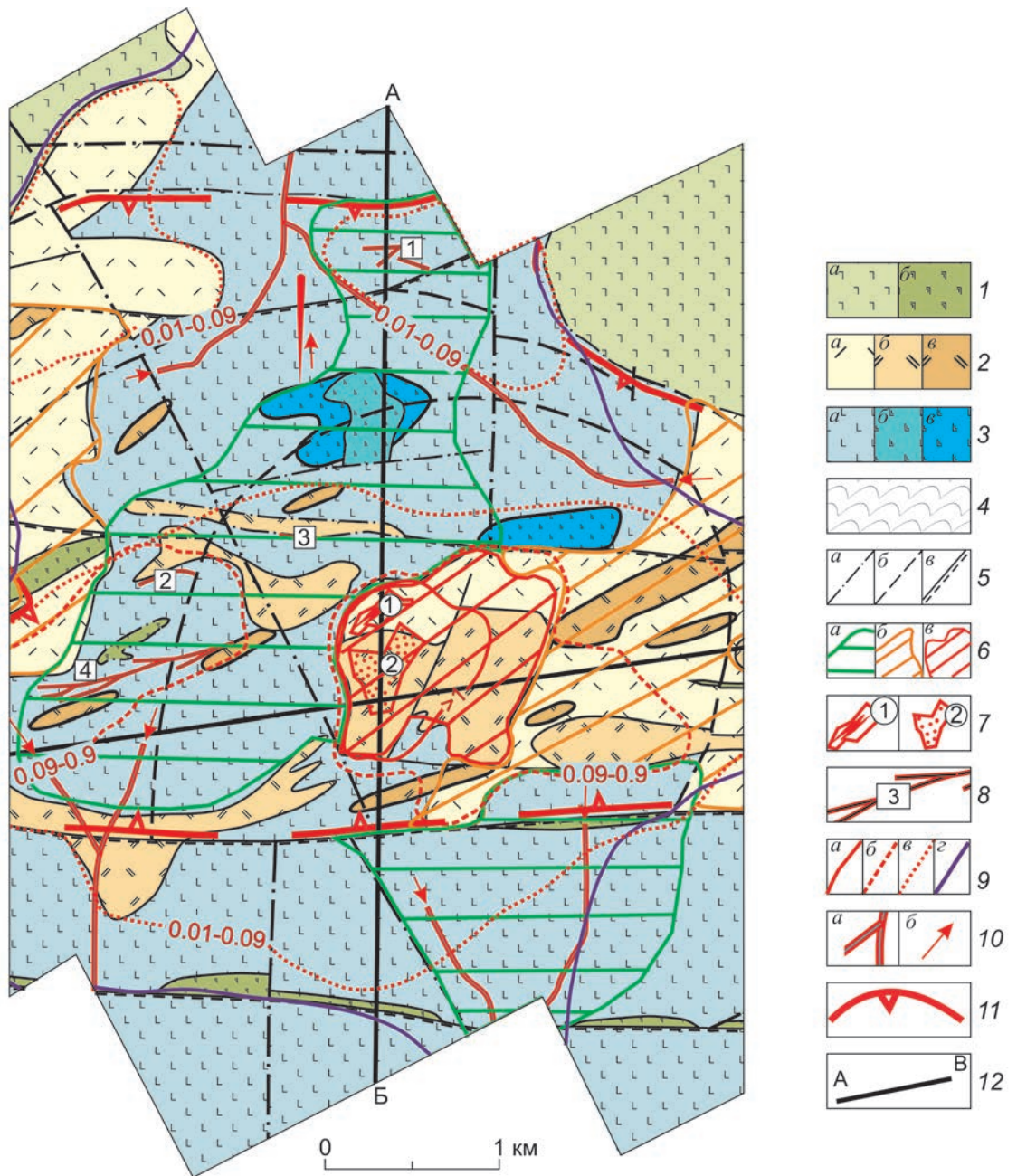
денения, это позволило обосновать высокие перспективы развития минерально-сырьевой базы золота в Алтае-Саянской провинции.

Работы ЦНИГРИ по всем главнейшим золотоносным регионам СССР показали чрезвычайно разнообразие условий формирования промышленных руд и дали основание для развития прогнозно-металлогенических исследований, создания мелко-, средне- и крупномасштабных специализированных карт на золото. Это направление начало интенсивно развиваться с 70-х годов.

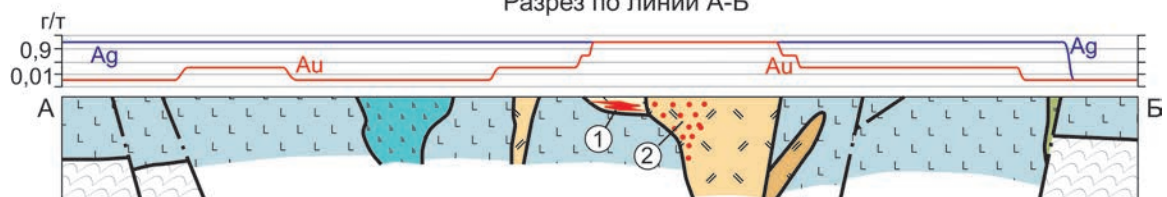
В 1974–1982 гг. составлены прогнозно-металлогенические карты золотоносности м-ба 1:500 000–1:200 000 для всех вулканоплутонических поясов Востока России, что позволило разработать геолого-формационные подходы к прогнозированию, провести первое районирование территорий, наметить первоочередные площади для опоскования. Исследования, в реализации которых участвовали ведущие специалисты ЦНИГРИ (А.И.Казаринов, Ю.М.Щепотьев, В.П.Новиков, М.М.Константинов, С.С.Вартанян, М.С.Михайлова, Ю.А.Эпштейн и др.), предопределили основные направления поисковых работ в вулканоплутонических поясах. Работы сопровождались оценкой состояния минерально-сырьевой базы конкретных территорий и рекомендациями по направлению ГРП на объектах разного ранга на ближайшие пятилетки и на перспе ГРП на объектах разного ранга на ближайшие пятилетки и на перспективу.

Золото-серебряные месторождения Востока России сконцентрированы в пределах краевых (Охотско-Чукотский, Восточно-Сихотэ-Алинский), внутриконтинентальных (Умлекано-Огоджинский, Западно-Сихотэ-Алинский и др.) и островодужных (Центрально-, Восточно-Камчатский и др.) вулканических поясов, образовавшихся в мезозойско-кайнозойский период геологического развития регионов. В формировании вулканических поясов выделяется ряд фаз тектономагматической активности, закономерно сменяющих друг друга, что позволяет говорить о стадийном развитии этих структур. Своеобразие геологической обстановки каждой конкретной стадии определяется совокупностью формирующихся в этот период структурно-вещественных комплексов, в том числе рудоносных. Обобщающие работы Г.М.Власова, И.Н.Томпсона, Н.А.Фогельман, А.Д.Щеглова и др. и материалы по конкретным регионам свидетельствуют о закономерном изменении от стадии к стадии условий становления магматических и сопряженных с ними рудных образований, т.е. каждая стадия характеризуется совокупностью только ей присущих типов рудно-магматических систем. Это является основой проведения рудно-формационного анализа и последующего построения геолого-поисковых и геолого-генетических моделей для объектов различной формационной принадлежности.

Однако отдельные элементы структурно-вещественных комплексов существенно изменяются в зависимости от характера геодинамического режима



Разрез по линии А-Б



и типа фундамента каждого конкретного фрагмента вулканического пояса. В первую очередь, это сказывается на строении фашиально-корреляционных разрезов, соотношении объемов вулканитов средне-основного и кислого составов, продуктов магматизма интрузивного и эффузивного классов, типах вулканических структур и т.д. Множественность факторов, влияющих на состав и строение структурно-вещественных комплексов, обуславливает сложности, возникающие при их сопоставлении не только в пределах различных вулканических поясов и зон, но даже среди фрагментов единой структуры, что отражается на определении объема и границ конкретной стадии. Начало каждой стадии развития вулканических поясов континентального ряда фиксируется появлением вулканогенно-осадочных (молассовых) толщ переменной мощности, сменяющихся вверх по разрезу вулканитами среднего, а затем кислого состава, т.е. идеализированный разрез вулканогенных образований каждой стадии имеет трехчленное строение.

Независимо от генетической интерпретации и принципов группировки большинство исследователей принимают существование индивидуализированных в структурно-вещественном отношении периодов (стадий) становления вулканоплутонических поясов континентального ряда. Но количество выделяемых стадий, как и их объемы, для каждого вулканического пояса (или его отдельных фрагментов) могут существенно различаться, что обусловлено в одних случаях характером используемых признаков, в других – неодинаковыми принципами палеотектонических построений.

Для наиболее детально изученных рудных районов краевых и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов Востока России (Нижне-Амурский, Самаргинский, Охотский, Гонжинский и

др.) выявлена устойчивая связь золото-серебряных месторождений с двумя группами магматических образований – андезит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциацией (поздняя стадия) и экструзивно-эффузивными породами базальт-риолитового ряда формаций [2]. Большинство исследователей связывают их с заключительной стадией формирования вулканоплутонических поясов (при использовании трехстадийной схемы становления данных геоструктур), предшествующей субплатформенному этапу развития рассматриваемых территорий. Образование указанных продуктивных магматических формаций, как правило, разделено существенным временным интервалом, иногда достигающим 20–25 млн лет (Нижне-Амурский, Самаргинский, Кузнецовский и другие рудные районы Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса) и сопровождается изменением общего структурного плана. Последнее предопределяет их участие в формировании различных типов тектономагматических структур и территориальную разобщенность.

В островодужных вулканоплутонических поясах по характеру пространственно-временных соотношений магматических и золоторудных образований также выделяются две группы золото-серебряных месторождений. Однако соотношения между продуктивными магматическими образованиями, с одной стороны, и рудными, с другой, более сложные, чем в краевых вулканических поясах и не всегда однозначны. Это, возможно, обусловлено спецификой геологического развития островодужных вулканоплутонических поясов и, в первую очередь, сближенностью во времени продуктивных магматических образований различных стадий. Во многих случаях это предопределяет унаследованность (консерва-

Рис. 4. Геолого-структурная карта участка детальных работ Белогорского рудного поля:

1 – позднеолигоценые базальты, андезитобазальты (*a* – покровные, *b* – субвулканические фации); 2 – раннеолигоценые риолиты, трахириолиты (*a* – покровные, *b* – субвулканические и экструзивные фации, *в* – в том числе выделенные по геофизическим данным); 3 – эоценовые андезитобазальты (*a* – покровные, *b* – субвулканические фации, *в* – в том числе тела, выделенные по геофизическим данным); 4 – верхнеюрские алевролиты, аргиллиты, песчаники (на разрезах); 5 – разрывные нарушения (*a* – главные, *b* – второстепенные, *в* – в том числе выделенные по геолого-геофизическим данным); *b* – гидротермально измененные породы (*a* – пропилиты, *b* – алунитовые вторичные кварциты, *в* – серицит-гидрослюдистые метасоматиты); 7 – Белогорское месторождение (1 – залежь, 2 – штокверк); 8 – проявления (1 – Павловское, 2 – Колчанское, 3 – Огородное, 4 – Заячье); 9 – литогеохимические ореолы: Au >1,0 г/т (*a*), 0,09–0,9 (*b*), 0,01–0,09 (*в*), Ag >1,0 г/т (*г*); 10 – россыпи (*a*), шлиховые потоки (*b*) золота; 11 – границы рудного поля; 12 – линии геологических разрезов

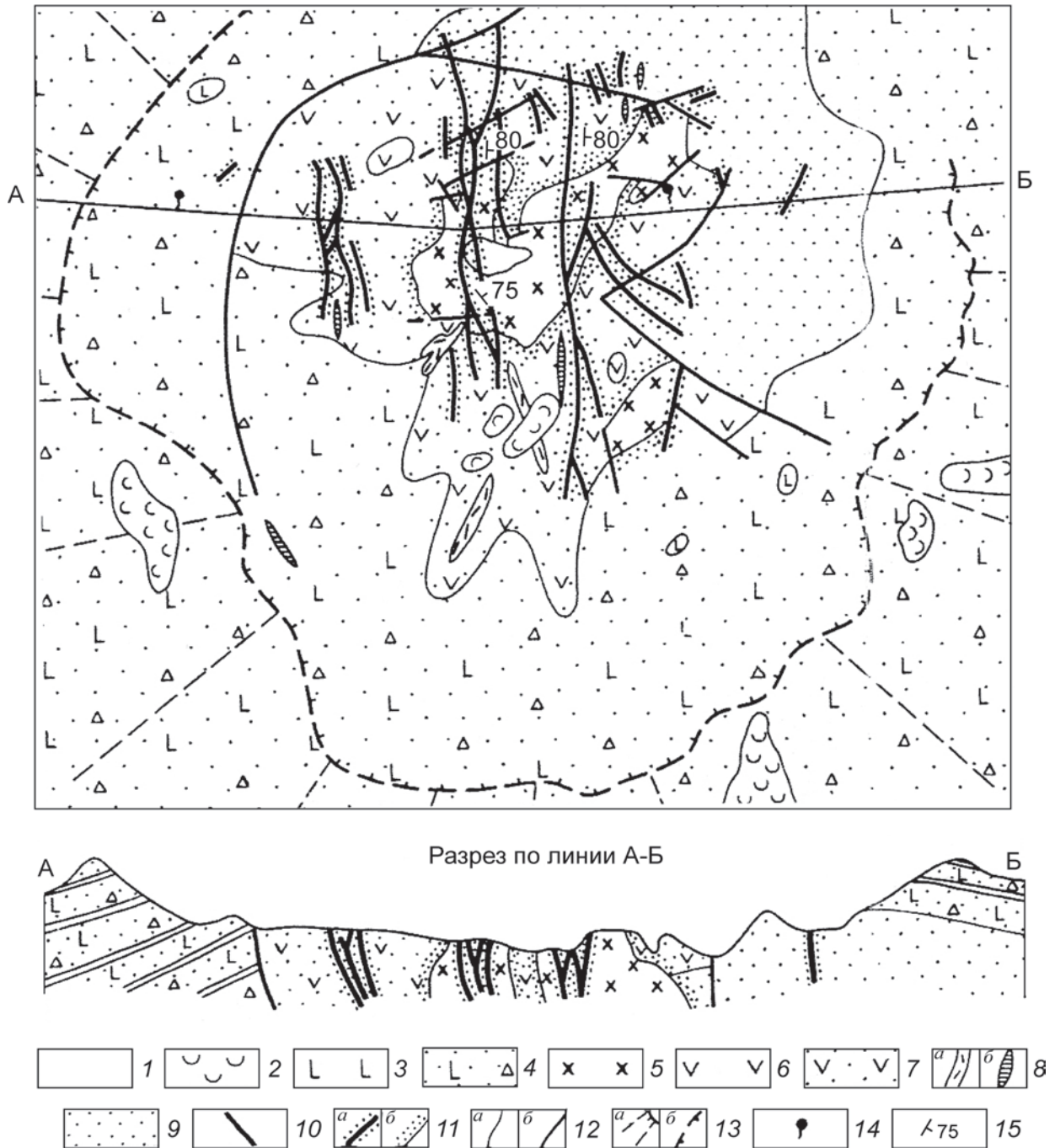


Рис. 5. Схема размещения рудных тел на Мутновском рудном поле, составлена с использованием материалов В.С.Шеймовича, Е.А.Лоншакова и др.:

четвертичные образования: 1 – рыхлые отложения, 2 – потоки нижнечетвертичных базальтов; верхнемиоцен-плиоценовая базальт-андезит-дацит-риолитовая формация: 3 – субвулканические тела и дайки базальтов, андезитобазальтов, 4 – нерасчлененные базальты, андезиты и их туфы, агломераты; миоценовая андезит-диоритовая формация: 5 – интрузии диоритов, 6 – субвулканические тела, дайки андезитов, 7 – андезиты и их туфы, 8 – дайки риолитов (а), базальтов и андезитов (б); 9 – нерасчлененные вулканогенно-осадочные образования; 10 – кварцевые жилы; 11 – кварц-серицитовые метасоматиты (а), роговики (б); 12 – границы геологические (а), тектонические (б); 13 – склоны палеовулкана (а), граница его эрозионно-тектонической кальдеры (б); 14 – термальные источники; 15 – элементы залегания жил

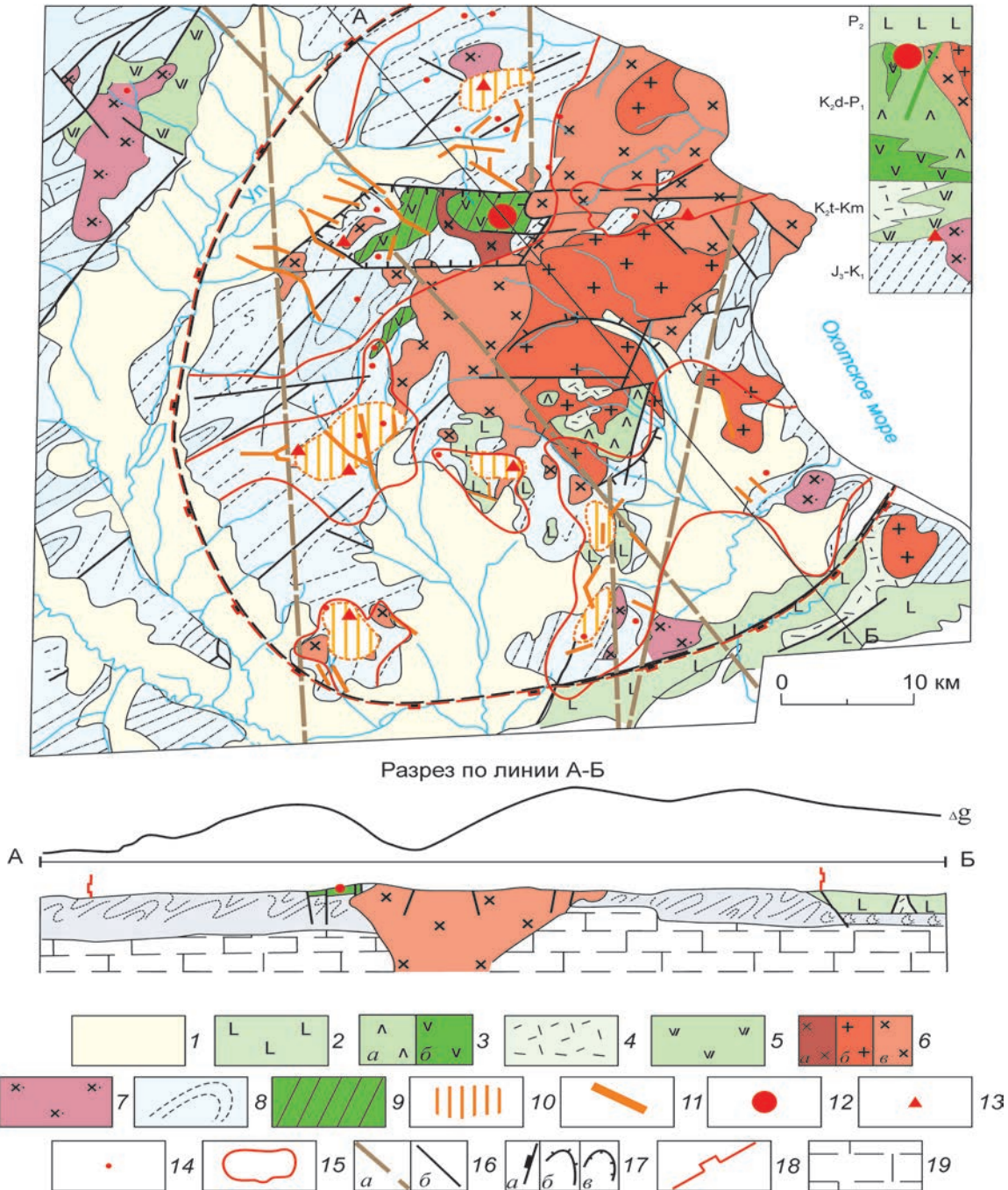
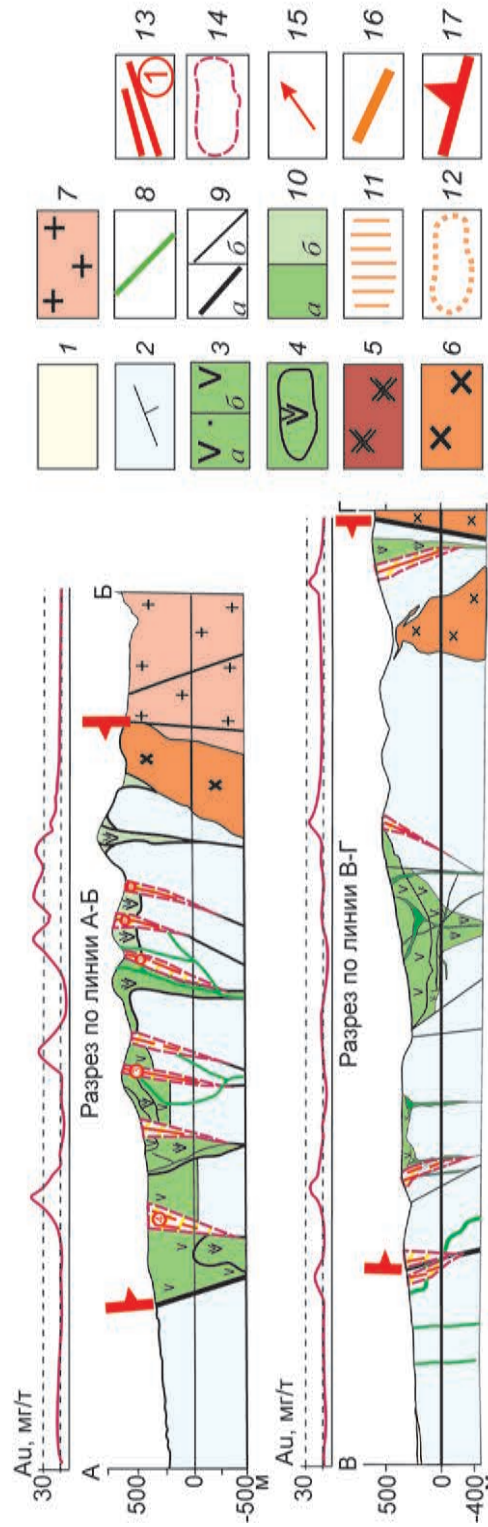


Рис. 6. Геолого-структурная карта Нижне-Амурского рудного района:

геологические формации: 1 – терригенная и терригенно-угленосная континентальных впадин, P–Q, 2 – андезитобазальтовая, P₂, 3 – андезитодацитовая, K₂d–P₁ (a – дацитовая, б – андезитовая субформации), 4 – дацитовая, K₂t–Km, 5 – андезитовая, K₂t, 6 – диорит-гранодиоритовая, P_{1–2} (a – монцодиориты, монцограниты, б – граниты, лейкограниты, в – диориты, гранодиориты), 7 – габбро-диорит-гранодиоритовая, K₂, 8 – терригенная, J₃–K₁, 9 – поля пропилитизации; 10 – поля кварц-серицит-карбонат-пиритовых изменений; 11 – россыпи; 12 – Многовершинное месторождение золото-серебряной формации; 13 – рудопроявления золото-сульфидно-кварцевой формации; 14 – пункты минерализации; 15 – шлиховые ореолы золота; 16 – разломы (a – главные, б – прочие); 17 – границы (a – Бекчи-Улского тектономагматического поднятия, б – интрузивно-купольного поднятия, в – вулканотектонического грабена); 18 – граница Нижне-Амурского рудного района; 19 – догеосинклинальный фундамент (на разрезе)



тивность) структурного плана и совмещение разновозрастных магматических (а в ряде случаев и рудных) образований в пределах единых вулканических структур.

Рудоносные структуры различных стадий формирования вулканических поясов отличаются по геологическому строению, отражающему основные различия господствовавших геодинамических режимов. Среди структур поздней стадии, сложенных преимущественно породами андезит-гранодиоритовой или андезит-базальт-диоритовой вулканоплутонических ассоциаций, доминируют тектономагматические и интрузивно-купольные поднятия, а также вулканотектонические депрессии и грабены. Для вулканоструктур заключительной стадии, помимо крупных депрессионных форм, выполненных игнимбридами (типоморфных для отдельных фрагментов краевых вулканических поясов), характерны локальные вулканоструктуры, особенно широко представленные в островодужных вулканических поясах. Сопоставление параметров однотипных вулканических структур краевых и островодужных вулканических поясов выявило сокращение параметров последних, что отражается и на размерах соответствующих металлогенических таксонов (рудных узлов и полей).

Ниже приведены краткая характеристика основных элементов геологического строения, вещественного состава руд и гидротермально измененных пород типовых объектов островодужного (Курило-Камчатского) и краевого (Восточно-Сихотэ-Алинского) вулканоплутонических поясов, сопряженных с экструзивно-эффузивными комплексами (Агинское, Белогорское) и вулканоплутоническими ассоциациями (Мутновское, Многовершинное).

Первая группа объектов, представителями которой являются Агинское, Асачинское, Карамкенское, Белогорское и другие месторожде-

ния, локализуется в жерловых и околожерловых зонах локальных вулканоструктур центрального типа, сложенных вулканитами названных выше продуктивных формаций. Их размещение определяется сочетанием фрагментов линейных разрывов регионального плана с разноранговыми системами кольцевых и радиальных нарушений. Кроме того, устанавливается отчетливая зависимость позиции месторождений от структурных осложнений, обусловленных формированием пород экструзивно-субвулканических жерловых фаций, тел полигенных брекчий и др. Сложное сочетание указанных элементов, с учетом характерной для продуктивных образований «пестротой» разреза, определяет исключительно сложную структуру среды, в которой формируются новые или «активизируются» ранее существовавшие разрывы.

Агинское месторождение (рис. 1) расположено в пределах узкого линейного блока северо-восточного простирания, осложняющего палеовулканическую постройку неогенового возраста, возникшую в области пересечения региональных разрывов северо-восточного и субширотного простираний. Вулканоструктура сформирована вулканитами средне-основного состава (гиперстеновые андезитобазальты), образующими три пачки, из которых верхняя и нижняя сложены лавами, средняя – туфами. Среди лавово-пирокластических образований широко распространены экструзии, дайки и силлы близкого состава.

Главным структурным элементом месторождения является сложная зона разрывов северо-восточного простирания. К рудоконтролирующим структурам относят входящие в ее состав малоамплитудные разрывы крутого (60–85°) падения преимущественно в северо-западном направлении. Размещение основных рудных тел в пределах достаточно однородной толщи пород обусловило

Рис. 7. Геолого-структурная схема Многовершинного рудного поля:

1 – рыхлые аллювиальные отложения; 2 – верхнеюрские – нижнемеловые осадочные породы (алевролиты, аргиллиты, песчаники); нижнепалеогеновые вулканиты андезитового и андезит-дацитового составов; 3 – покровные (а – вулканогенно-осадочные фации, б – лавово-пирокластические), 4 – жерловые и субвулканические фации; интрузивные образования, P_2 : 5 – гранодиорит-порфиры, 6 – гранодиориты, 7 – лейкократовые граниты; 8 – дайки «пестрого» состава; 9 – разломы (а – главные, б – второстепенные); пропилитовые изменения: 10 – эпидот-хлорит-альбитовые (а), биотит-эпидот-альбитовые (б), 11 – хлорит-карбонат-пиритовые; 12 – кварц-серицит-хлорит-пиритовые метасоматиты (по осадочными и интрузивным породам); 13 – рудные зоны и их номера (1 – Главная, 2 – Северная, 3 – Промежуточная, 4 – Медвежья, 5 – Тихая, 6 – Водораздельная); 14 – литогеохимические ореолы Au и Ag; 15 – шлиховые потоки; 16 – россыпи; 17 – граница рудного поля

главную роль структурных факторов в локализации оруденения.

Рудовмещающие вулканы преобразованы в хлорит-карбонатные, в меньшей степени в эпидот-хлорит-карбонатные метасоматиты, имеющие площадное распространение. Околорудные породы представлены адуляр-серицит-гидрослюдисто-кварцевыми метасоматитами.

Руды сформированы образованиями трех продуктивных минеральных комплексов: золото-адуляр-кварцевого, золото-теллуридно-хлорит-адуляр-кварцевого и золото-карбонат-кварцевого. Два первых определяют появление участков богатого оруденения.

Рудные тела (рис. 2) представлены крутопадающими маломощными кварцевыми жилами и зонами прожилкования, в которых бедные и рядовые руды образуют пологосклоняющиеся ($10-30^\circ$) ленты, в верхних частях осложненные рудными столбами крутого склона. Положение оруденения в плане и разрезе определяется зонами сочленения рудоносных структур встречного падения в форме клиновидных блоков. Оруденение, размещаясь выше зон сопряжений, сконцентрировано в областях смены углов падения (от субвертикальных до пологих), в участках резкого разветвления разрывов и ограничено в разрезе по вертикали верхней и нижней лавовой пачками.

Рудные столбы (рис. 3), в которых заключено около 85% металла, представляют собой (Агинское месторождение) воронко- или жилообразные тела, отчетливо вытянутые по падению. Они имеют крутое (до 80°) склонение в плоскости рудных тел и обычно расщепляются на две или три «ветви». К нижним горизонтам рудные столбы часто приобретают пологое склонение, конформное линиям сочленения основных структур, сужаются и выклиниваются. В их пределах при детализации выявляются бананцы, гнезда и струи, обуславливающие мозаичное (пятнистое) строение. При этом в распределении золота отмечается своеобразная асимметрия, проявляющаяся в том, что наиболее высокие содержания сконцентрированы в области верхней границы рудного столба. Для этих интервалов характерен резкий переход к бедным и рядовым рудам, согласующийся с усложнением рельефа рудовмещающей структуры, расщеплением ее на ряд зон.

Белогорское рудное поле (рис.4) расположено в пределах одноименного вулканотектонического грабена субширотной ориентировки, осложня-

ющего северную часть крупной вулканотектонической депрессии. Рудное поле отвечает сложно построенной вулканоструктуре центрального типа площадью около 30 км^2 , сформированной экструживно-эффузивными образованиями риолит-трахириолитовой формации, с которой сопряжено золото-серебряное оруденение. Северная и южная границы рудного поля совпадают с разрывами субширотной ориентировки, принадлежащими к системе Кольского (по Э.П.Хохлову) регионально-го разлома. Западная и восточная проводятся по кольцевым нарушениям, выделенным по геолого-геофизическим материалам.

Белогорское месторождение приурочено к вулканической постройке с центральным нечком, осложненным боковыми дайкообразными телами, прорывающими базальтоиды кузнецовской свиты и покровные образования риолит-трахириолитовой формации. Сложное внутреннее строение нечка обусловлено неоднократным внедрением кремнекислых пород, состав которых изменяется от дацитов до щелочных трахитов. Линейным блоком вмещающих пород, ориентированным в север-северо-восточном направлении, нечк расчленен на два самостоятельных тела – западное и восточное. Западное, вмещающее золотое оруденение, вытянуто в северо-восточном направлении и характеризуется крутыми ($65-80^\circ$), как правило, тектоническими контактами, значительным развитием крутопадающих полигенных брекчий сложной формы. Восточное тело практически безрудное, контакты с вмещающими породами более пологие ($45-60^\circ$), в пределах его также отмечен ряд тел взрывных брекчий.

Прожилково-вкрапленное золотое оруденение образует штокверк убогих руд площадью около 1 км^2 , незначительно вытянутый в северо-восточном направлении, и залежь Пологую. Ориентировка прожилков штокверка разнонаправленная, лишь в южной части намечается преобладание их широтных простираний. В пределах штокверка оруденение прослежено на глубину 300 м. Небольшая концентрация золотого оруденения отмечается в связи с разнообразными пологими границами раздела, отвечающими контактам экстружий, полигенных брекчий, литологических разностей пород. Интенсивность оруденения с глубиной падает. Выделяются обогащенные золотом гнезда небольших размеров, также ориентированные в северо-восточном направлении. Характер размещения золота на обогащенных участках крайне неравномерный, при эксплуатации

1. Геологические обстановки образования месторождений золото-серебряной формации

Характеристика элементов	Золото-адуляр-кварцевая субформация	Золото-адуляр-полисульфидно-кварцевая субформация
Продуктивные геологические образования	Риолит-трахириолитовая, риолитовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая и другие формации	Андезит-гранодиоритовая и андезит-диоритовая вулканоплутонические ассоциации; комплекс даек «пестрого» состава
Геолого-структурная позиция	Жерловые и околожерловые зоны локальных вулканотектонических структур центрального типа	Вулканотектонические грабены, вулкано-(интрузивно-)купольные структуры и тектономагматические поднятия
Рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры	Фрагменты линейных и дуговых разрывов, пучки сближенных разрывов, фрагменты региональных разломов	Фрагменты региональных разломов и оперяющие их нарушения
Вмещающие породы	Эффузивно-экструзивные образования риолитового, дацитового, андезитового составов, базальты и их туфы, разнообразные по составу породы фундамента	Гранитоиды и вулканы продуктивных комплексов, разнообразных пород фундамента
Наиболее характерные гидротермально измененные породы	Карбонат-хлоритовые пропилиты, аргиллизиты, алунитовые и высокоглиноземистые вторичные кварциты. Кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты	Эпидот-хлорит-альбитовые пропилиты. Кварц-адуляровые, кварц-адуляр-серицитовые, инфильтрационные скарны, скарноиды
Типы рудных тел	Жилы, жильные и жильно-прожилковые зоны, штокверки, тела трубообразной и неправильной форм	Жилы, жильные и жильно-прожилковые зоны
Основные минеральные типы	Золото-серебро-сульфидный (с селенидами и сульфосолями серебра), золото-серебро-блеклорудный, золото-сульфоантимонитовый, собственно золотой и золото-теллуридный	Золото-галенит-сфалеритовый и золото-халькопирит-блеклорудный (с сульфидами и сульфосолями серебра). Золото-полисульфидный: а) с теллуридами; б) с сульфидами и сульфосолями серебра
Типоморфизм золота:		
А) морфология	От комковидных до пленочных характерны кристаллы, дендриты	Комковидное, губчатое, пластинчатое
Б) преобладающая проба	550–750, в теллуридных ассоциациях 850–950	750–850
В) элементы-примеси	Sb, Hg, Se, Te	Pb, Zn, Bi, Sb, Te
Масштаб месторождений	От мелких до уникальных	От мелких до крупных
Примеры месторождений	Карамкен, Белая Гора, Кубака, Агинское, Хаканджа, Купол, Светлое	Многовершинное, Джужлетта, Родниковое, Мутновское

встречаются мелкие столбо- или гнездообразные участки с содержанием до 4 кг/т.

Большая часть «рудных гнезд» сосредоточена в полосе северо-восточного простирания, протяженностью 500 м, и тяготеет к зоне проявления минерализованных брекчий. Каждое из гнезд ориентировано по азимуту 65–60°, располагается в местах сочленения дорудных полигенных брекчий с мелкими зонами нарушений.

В северо-западной части месторождения среди сложно построенной толщи агломератовых туфов выявлена субгоризонтальная зона дробления с повышенными концентрациями золота (залежь Пологая). Границы ее устанавливаются по данным опробования. Руды представлены гидротермально измененными породами с переменным количеством прожилков кварца, в связи с чем состав их определяется полнотой переработки исходных пород и интенсивностью окварцевания. Содержание кварца в рудах от 15 до 50%, гидрослюда, серицита и каолинита 25–30%. Существенная роль (до 25–35%) принадлежит неполностью замещенным минералам исходных пород, особенно полевым шпатам; на долю адуляра, карбонатов и цеолитов приходится не более 2–3%. Рудные минералы, среди которых резко превалирует пирит, составляют менее 1%. Кроме пирита, встречаются арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, сульфосоли серебра (пираргирит, миаргирит, стейфанит, пирсеит и др.), золото, киноварь. Золото часто количественно преобладает над другими рудными. Золото-серебряное отношение в среднем составляет 1:2.

Вторая группа объектов, рассматриваемая в составе золото-адуляр-полисульфидно-кварцевой субформации, локализуется в пределах локальных вулканотектонических грабенов, осложняющих краевые части тектономагматических поднятий (Многовершинное) или депрессий (Джульетта), а также в интрузивно-купольных структурах (Мутновское, Родниковое и др.), сложенных породами андезит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциации. Для многих месторождений характерны дайки пестрого состава.

Мутновское рудное поле находится в центральной части Жировского палеовулкана, сложенного вулканитами основного и среднего составов от олигоцен-раннемиоценового до четвертичного возраста. Плутонические фации представлены интрузией диоритов миоцена и многочисленными более поздними дайками и силлами базальтов, андези-

тов и дацитов, часто имеющих субмеридиональную ориентировку. Породы интенсивно нарушены дугowymi и радиальными разрывами (рис. 5).

Золотоносные жилы ориентированы субмеридиально и часто параллельны дайкам. Известно около ста кварц-карбонатных, кварц-сульфидных жил и зон прожилкового окварцевания. Главная – жильная зона Определяющая, состоящая из мощной жилы и нескольких апофиз, между которыми развиты зоны прожилкового окварцевания. Оруденение вскрыто на глубину 500 м. В наиболее эродированных участках (южный фланг зоны) встречаются кварцевые жилы с богатой сульфидной минерализацией. Содержание Pb и Zn составляет в сумме от 1–2 до 10–18, Cu 0,2%. В среднем содержание цветных металлов 3–5%. Подобные рудные тела характеризуются низкими концентрациями Au и значительными – Ag. Северный фланг зоны Определяющая (наименее эродированный) представлен мало- и убогосульфидными кварц-адуляровыми и кварц-карбонатными золото-серебряными рудами, содержащими до 0,2–2% цветных металлов.

Продуктивные минеральные ассоциации – золото-блеклорудная, золото-аргентит-пирсеитовая и богатая полиметаллами халькопирит-галенит-сфалеритовая. Кроме широко распространенных сульфидов и сульфосолей, на месторождении встречаются теллуриды (гессит, алтаит), канфильдит и другие минералы. Наблюдается вертикальная зональность с развитием золото-блеклорудной ассоциации в верхних частях жил, а халькопирит-галенит-сфалеритовой – в нижних.

Приуроченность к интрузиям гранитоидов кварцевых жил с золото-серебряным оруденением, содержащим повышенные концентрации сульфидов цветных металлов (3–5% и более), широко проявлена и на других рудных полях Восточно-Камчатско-Курильской металлогенической зоны, например Кумроч, Китхонское, Вилюченское.

Многовершинное рудное поле (площадью около 80 км²) расположено в пределах Улского вулканотектонического грабена, осложняющего краевую часть Бекчи-Улского тектономагматического поднятия (рис. 6). С востока и запада грабен ограничен субмеридиональными нарушениями, с севера – субширотным крутопадающим сбросом, на юге его границы совпадают с контактом Бекчи-Улского гранитоидного массива, осложненным системой субширотных разрывов. Фундамент вулканотектонической структуры сложен верхне-

2. Прогнозно-поисковая модель рудного поля золото-серебряной формации

Элементы модели	Золото-адуляр-полисульфидно-кварцевая субформация	Золото-адуляр-кварцевая субформация
1. Формационно-петрологические		
1.1. Продуктивные образования	Сочетание пород андезит-гранодиоритовой, андезитобазальт-диоритовой вулканоплутонических ассоциаций	Сочетание пород риолитовой, риолит-трахириолитовой, базальт-андезит-дацит-риолитовой формаций
1.2. Рудовмещающие образования	Породы продуктивных вулканоплутонических ассоциаций и породы гетерогенного состава фундамента	Породы вулканогенных продуктивных формаций и фундамента
2. Структурные		
2.1. Рудоносные структуры	Вулканотектонические грабены, интрузивно-(вулкано)-купольные структуры	Локальные вулканические структуры центрального типа, кальдеры, мобильные блоки на склонах вулканоструктур, насыщенные субвулканическими телами, телами автомагматических, explosивно-гидротермальных брекчий; поперечные блоки рифтогенных впадин
2.2. Рудоконтролирующие структуры	Фрагменты региональных разрывов, крутопадающие сбросы, осложняющие вулканотектонические грабены и купольные структуры, сопряженные с ними разрывы высоких порядков, каркас даек	Концентрические и радиальные нарушения, фрагменты региональных разрывов и сопряженные с ними нарушения высоких порядков, тела полигенных брекчий
3. Метасоматические	Эпидот-хлорит-альбитовые, хлорит-серицит-альбитовые, хлорит-карбонатные пропилиты, кварц-(мусковит)-серицитовые, серицит-хлоритовые и другие метасоматиты; скарноиды, инфильтрационные скарны; кварц-мусковит-хлорит-турмалиновые метасоматиты	Хлорит-карбонатные пропилиты, аргиллизиты, кислотно-сульфатные аргиллизиты (алунитовые вторичные кварциты), калишпатиты
4. Геохимические	Комплексные первичные и вторичные ореолы золота, серебра и элементов-спутников (Pb, Zn, Cu, As, Sb и др.). Калиевые аномалии, гидрогеохимические аномалии Au, Ag; газортутные ореолы ртути	
5. Минералогические		
5.1. Типоморфные минералы ореолов жильково-вкрапленной минерализации	Пирит, сульфиды свинца, цинка, меди	Пирит, киноварь, антимонит, флюорит, барит, ярозит и др.
5.2. Шлиховые ореолы	Золота и его минералов-спутников, шлихо-минералого-геохимические аномалии	
5.3. Типоморфизм золота		
5.3.1. Морфология выделений	Комковидная, губчатая, проволоковидная	Широкое разнообразие форм: от комковидных до пленочных, типоморфны кристаллы, дендриты и др.
5.3.2. Преобладающая проба	750–850	550–750, в теллуридном типе 850–950
5.4. Текстуры руд	Колломорфные, ритмично-полосчатые, кокардовые и др.	
	Массивные	Каркасно-пластинчатые, друзовые
5.5. Структуры руд	От крупнозернистой до криптокристаллической (халцедоновидного кварца)	

юрскими – нижнемеловыми терригенными толщами (алевролиты, аргиллиты, реже песчаники), моноклинально погружающимися на северо-запад. Улский вулканотектонический грабен выполнен биотит-роговообманковыми андезитами и андезитодацитами, суммарной мощностью до 350 м.

Многовершинное месторождение (рис. 7), расположенное в северо-восточной части вулканотектонического грабена, имеет более сложное строение и иную ориентировку основных структур. Главную роль играют нарушения северо-восточного простираения, наследующие разрывы «допоясового» этапа развития. Такими крутопадающими (65–75°) сбросами с суммарными амплитудами перемещения до нескольких десятков, реже первых сотен метров фундамент грабена расчленен на серию субпараллельных блоков-пластин, ступенчато погружающихся на северо-запад. Эти же разрывы контролируют положение жерловых и экстрозивных фаций андезитов, андезитодацитов, а также тел кварц-серицитовых и кварцевых метасоматитов, вмещающих золотое оруденение.

Нарушения северо-западной ориентировки определяют положение разновозрастных даек, тел малых интрузий, маломощных кварц-турмалиновых тел с редкометальной минерализацией. Пострудные нарушения близкой ориентировки обусловили ступенчатое смещение рудных тел до нескольких метров в плане. Среди нарушений северо-восточного простираения наиболее хорошо выражены зоны Главного, Северного и Медвежьего разломов, вмещающие основные рудные тела. К зоне Главного разлома приурочены рудные тела Верхнее и Центральное, Северное – Промежуточное, Южное, Фланговое, Северное, Глубокое и т.д. С зоной Медвежьего разлома в наиболее погруженной и наименее изученной северо-западной части грабена, связываются перспективы выявления скрытого оруденения на глубоких горизонтах (>600 м).

Рудные тела представлены кварцевыми жилами, зонами сложных кварцевых брекчий и прожилков, концентрирующихся преимущественно в контурах мощных жилообразных тел кварцевых и кварц-серицитовых метасоматитов, реже развивающихся в пропилитизированных андезитах. Параметры рудных тел существенно изменяются: мощность колеблется от первых до десятков метров, по падению и простираению они просле-

жены на несколько сотен метров. Одна из отличительных особенностей Многовершинного месторождения – размещение основных рудных тел в сложном каркасе разновозрастных даек, мощность которых в отдельных интервалах во много раз превышает протяженность рудных тел (рудные тела Промежуточное, Южное, Фланговое и др.).

Руды на 95–97% состоят из кварца, в подчиненном количестве присутствуют адуляр, серицит, карбонаты, гидрослюды и хлорит. Рудные минералы составляют не более 1,5%, хотя встречаются интервалы с содержанием сульфидов 2–3, реже 5–7%. Рудные минералы достаточно разнообразны и представлены сульфидами, сульфосолями, оксидами, теллуридами, интерметаллическими соединениями и самородными элементами.

К элементам-спутникам золотого оруденения относятся Ag, Bi, As, Cu, Pb, Zn, Sb. Большинство рудогенных элементов обладают отчетливой тенденцией к увеличению содержания в ряду вмещающие породы – пропилиты – кварц-серицитовые метасоматиты – рудный кварц. По характеру и интенсивности связей установлены следующие наиболее устойчивые геохимические ассоциации: Au-Ag-Zn-Cu (Bi), Pb-As, Sn-Mo-Co-Ni. В соответствии с этим в пределах рудного поля выявлены ореолы Au, Ag, Pb, Sb.

Принадлежность золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов к двум типам рудно-магматических систем – вулканогенно-плутоногенной и вулканогенной – определяет основные черты геологических обстановок их нахождения, характер процесса минералообразования и особенности их геолого-генетических и геолого-поисковых моделей.

В соответствии с существующими разработками при типизации месторождений и формировании их геолого-поисковых моделей используются две основные группы критериев и признаков. Первая, характеризующая основные элементы геологической обстановки нахождения таксонов, включает структурные, структурно-формационные, магматические, литолого-фациальные и рудно-формационные элементы при подчиненном значении гидротермально-метасоматических и минералого-геохимических признаков. Вторая, отражающая характер проявления рудного процесса, включает в качестве определяющих гидротермально-метасоматические и минералого-геохимические признаки. С учетом вышеизложенного в составе золото-серебряной формации выделены две субформации – золото-адуляр-полисульфид-

но-кварцевая и золото-адуляр-кварцевая (табл. 1), для месторождений которых сформирована геолого-поисковая модель (табл. 2).

Анализ данных, характеризующих распределение золото-серебряных месторождений в продуктивных магматических образованиях и породах активизированного фундамента, выполненный для объектов тихоокеанских вулканоплутонических поясов, показал, что более 60% месторождений локализованы в экструзивно-эффузивных комплексах, ~15% в образованиях вулканоплутонических ассоциаций, ~25% – в породах активизированного основания ВПП.

Обобщение данных по геологическим обстановкам нахождения золото-серебряных месторождений позволило выявить группы объектов, ограниченно проявленных или еще не выявленных в вулканоплутонических поясах России. Для изучения данных объектов рекомендуется проведение ГРР. Это, прежде всего, относится к широко представленным за рубежом месторождениям в породах активизированного основания вулканических поясов (Хисикари, Слиппер, Антамок-Акупан и др.) [1, 3], в полигенных брекчиевых трубообразных телах (Шуйор, Маунт-Морган и др.) и вулканитах [6], сопровождаемых изменениями типа высокоглиноземистых вторичных кварцитов (Голдфилд, Эль-Индио и др.), не характерных для золото-серебряных месторождений. Подобные объекты, выделяемые как оксидно-сульфатные, высокосернистые эпитеpmальные или золото-энаргитовые (П.Хилд, Х.Бонхем, Р.Силитоу и др.) [3, 4], отличаются присутствием минералов меди (группа энаргита) в ассоциациях, предшествующих золоторудным (Эль-Индио), или непосредственно в продуктивных минеральных комплексах (Радальквилар) [5]. Содержание меди в рудах колеблется от десятых долей процента (Голдфилд), до 2–2,5% (Эль-Индио), сульфидов – от 0,5–1 до 15–20%. В России к данной группе объектов относится Озерновское месторождение (Камчатка). Кроме того, несомненный интерес представляют месторождения прожилково-вкрапленного типа со значительными объемами убогих руд в гидротермально измененных эффузивно-пирокластических толщах (тип Раунд-Маунтин и др.).

Основные монографии сотрудников ЦНИГРИ:

Вартанян С.С., Михайлова М.С., Новиков В.П., Орешин В.Ю. Формационно-фациальные критерии поисков и прогнозирования вулканогенного золото-серебряного оруденения: Обзор. Сер. Геологические методы поис-

ков и разведки месторождений металлов полезных ископаемых. – М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 5.

Воларович Г.П. Перспективы выявления близповерхностных золоторудных месторождений с целью создания устойчивой базы для добычи рудного золота на Северо-Востоке СССР. – М.: ЦНИГРИ, 1971.

Золоторудные месторождения СССР. Т. 4. Геология золоторудных месторождений Востока СССР / Отв. ред. В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1988.

Золото-серебряные месторождения. Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / Отв. ред. А.И.Кривцов. – М.: ЦНИГРИ, 2000.

Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. – М.: Недра, 1984.

Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. Золото / Б.И.Беневольский, Е.В.Блинова, А.В.Бражник и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

Прогнозно-поисковые комплексы. Вып. III. Комплексование работ по прогнозу и поискам золото-серебряных месторождений в вулканогенных поясах (Методические рекомендации) / Н.П.Варгунина, С.С.Вартанян, М.М.Константинов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1983.

Щепотьев Ю.М., Вартанян С.С., Орешин В.Ю., Гузман Б.В. Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана. – М.: ЦНИГРИ, 1989.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков В.П., Михайлова М.С. Принципы систематики золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов // Руды и металлы. 1995. № 4. С. 4–11.
2. Формационно-фациальные критерии поисков и прогнозирования вулканогенного золото-серебряного оруденения / С.С.Вартанян, М.С.Михайлова, В.П.Новиков, В.Ю.Орешин: Обзор. Сер. Геологические методы поисков и разведки месторождений металлов полезных ископаемых. – М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 5.
3. Heald P., Foley N.K., Hayba D.O. Comparati e Anatomy of Volcanic-Hosted Epithermal Deposits: Acid-Sulfate and Adularia-Sericite Types // Economic Geology. 1987. Vol. 82. № 2. P. 1–26.
4. Mosier D.L., Singer D.A., Sato T., Page N.J. Relation ship of Grade, Tonnage, and Basement Lithology in Volcanic-Hosted Epithermal Precious- and Base-Metal Quartz-Adularia-Type Districts // Mining Geology. 1986. № 36 (4). P. 245–264.
5. Sanger-von Oepen P., Friedrich G., Vogt J.H. Fluid evolution, wallrock alteration, and ore mineralization associated with the Rodalquilar epithermal gold-deposit in SE Spain // Mineral Deposita. 1989. № 24. P. 235–243.
6. Sillitoe R.H. Gold Deposits in Western Pasific Island Arcs; The Magmatic Connection // Economic Geology Monograph 6. 1989. P. 274–291.

НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПО УКРЕПЛЕНИЮ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Pb, Zn) РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА

ФГУП «ЦНИГРИ»

Волчков Алексей Гордеевич

dnms@tsnigri.ru

Кузнецов Владимир Вениаминович

okt@tsnigri.ru

Никешин Юрий Васильевич

dnms@tsnigri.ru

TASKS AND TARGETS OF THE NATIONAL BUDGET-FUNDED GEOLOGICAL EXPLORATION FOR BASE METALS (Cu, Pb, Zn)

FSUE TsNIGRI

A.G.Volchkov

V.V.Kuznetsov

Yu.V.Nikeshin

Минерально-сырьевая база цветных металлов (Cu, Pb, Zn) Российской Федерации, созданная трудами нескольких поколений отечественных геологов, признана одной из крупнейших в мире. В условиях нарастающего дефицита природных ресурсов в мире это является важным фактором ее конкурентоспособности [1, 3–6]. Однако из-за высоких темпов роста добычи обеспеченность рентабельными запасами действующих горнодобывающих предприятий заметно снизилась. Необходимо отметить также, что медь и цинк входят в группу полезных ископаемых, добыча которых обеспечивает

Охарактеризованы современное состояние минерально-сырьевой базы (МСБ) цветных металлов (Cu, Pb, Zn) Российской Федерации и роль геологоразведочных работ (ГРР) при выполнении задач ее воспроизводства. На примерах показано, что направления ГРР за счет средств федерального бюджета подчинены приоритетным направлениям реализации государственной программы РФ «Воспроизводство и использование природных ресурсов».

Ключевые слова: МСБ меди, свинца, цинка РФ, направления ГРР, минерально-сырьевые центры экономического развития, Южный Урал, Рудный Алтай, Красноярский край, Салаир, Забайкальский край.

Current state of the things in Russian national mineral base of non-ferrous metals (Cu, Pb, Zn) is characterized, along with tasks and targets of geological exploration for these metals. Relevant case histories demonstrate that the national budget-funded geological exploration is guided by the priorities of the Replenishment and Usage of Natural Resources state program.

Key words: RF mineral base, copper, zinc, lead, tasks and targets of mineral exploration, mining centers of economic growth, South Urals, Rudnyi Altai, Krasnoyarsk krai, Salair, Zabaikalsk krai.

не только внутренний спрос, но и экспорт, тогда как более половины внутреннего потребления свинца обеспечивается импортными поставками. Ниже приведены краткие сведения о современном состоянии МСБ меди, свинца, цинка.

Медь. Запасы меди категории ABC_1+C_2 составляют 90,8 млн т, ежегодная добыча из недр около 860 тыс. т. Прогнозные ресурсы меди категории P_1 составляют 12 166, P_2 – 24 956, P_3 – 38 051 тыс. т, в пересчете в условную категорию C_2 – 17,1 млн т (19% от общих запасов). Сырьевая база меди РФ традиционно связана с рудами медно-никелевых (38,7%

запасов), медноколчеданных (23%), медистых песчаников (21,7%) и медно-порфировых (8,3%) месторождений, основная добыча приходится на медно-никелевые и медноколчеданные – около 94%.

Свинец. Запасы свинца категории ABC_1+C_2 составляют 19,6 млн т, ежегодная добыча порядка 180 тыс. т. Прогнозные ресурсы свинца категории P_1 2659,6, P_2 9573,4, P_3 27 691 тыс. т, в пересчете в условную категорию C_2 7,2 млн т (36,7%). Основу МСБ свинца в РФ составляют три месторождения, содержащие 70% всех разведанных запасов страны: Горевское (44%) в Красноярском крае, Холоднинское (15%) и Озерное (11%) в Республике Бурятия. Из них в настоящее время разрабатывается только Горевское, на котором ведется основная добыча свинца – 71%. На месторождениях Алтайского края добыча составляет 14%, Приморского края – 8%. В Приаргунье, старом горнорудном полиметаллическом районе Забайкалья, и на Салаирском кряже в последние годы добыча свинца практически не велась.

По масштабу и качеству руд лишь Горевское месторождение с содержанием Pb 7,0% сопоставимо с зарубежными аналогами, такими как Брокен-Хилл (8,6%) и Каннингтон (8,3%). Все остальные месторождения РФ существенно уступают им по этим показателям.

Цинк. Запасы цинка категории ABC_1+C_2 составляют 60,7 млн т при годовой добыче около 360 тыс. т. Прогнозные ресурсы цинка категории P_1 9341,1, P_2 32 109,1, P_3 64 632,4 тыс. т, в пересчете в условную категорию C_2 20,8 млн т (34,3%). В пяти месторождениях сосредоточено 60% запасов: Озерное и Холоднинское (Республика Бурятия), Павловское (Новая Земля), Горевское (Красноярский край) и Корбалихинское (Рудный Алтай). Наиболее высокие содержания цинка (10–22%) характерны для разведанных на Рудном Алтае месторождений, значительная часть которых осталась после распада СССР в Казахстане. Объекты в других регионах характеризуются гораздо более низкими содержаниями, уступающими зарубежным аналогам. Около 75% цинка добывается предприятиями Уральского региона из медно-цинковоколчеданных руд, а такие регионы, как Салаирский кряж, Приаргунье, Рудный Алтай, ранее обеспечивавшие существенную долю добычи цинка, сегодня по состоянию запасов этого сделать не могут.

Таким образом, имеющиеся на балансе разведанные запасы меди, свинца и цинка в целом позволяют говорить о надежных долгосрочных

перспективах обеспеченности горнодобывающих предприятий. При этом основная добыча рассматриваемых металлов пока стабильно осуществляется в регионах со сложившейся инфраструктурой (с действующими горнодобывающими предприятиями): медь – в Норильском районе и на Южном Урале, свинец – в Красноярском крае и на Рудном Алтае, цинк – на Урале, Рудном Алтае и в Красноярском крае. Вместе с тем, анализируя состояние МСБ цветных металлов, можно отметить ряд негативных моментов:

- обеспеченность запасами части действующих предприятий с основной добычей меди, свинца и цинка составляет от 5 до 10 лет;

- большая часть запасов либо сконцентрирована на месторождениях, расположенных в районах со слабо развитой инфраструктурой (Песчанка, Удоканское, Павловское, Холоднинское, Ак-Суг), либо локализована на значительных глубинах – от 500–600 до 1500 м (Подольское, Юбилейное, Ново-Учалинское, Талнахское, объекты Рудного Алтая);

- разведанные запасы нередко характеризуются низкими содержаниями полезных компонентов, существенно уступающими зарубежным аналогам;

- прогнозные ресурсы категории P_1 (ближайший поисковый задел) меди, свинца и цинка составляют соответственно 13,4, 13,8 и 15,3% от всех запасов и отражают весьма ограниченные возможности быстрого выявления подготовленных объектов для воспроизводства МСБ.

Минерально-сырьевая база меди, свинца и цинка РФ имеет фундаментальное значение для экономики как важнейшее стратегическое, металлургическое и экспортное минеральное сырье. Поддержание МСБ на должном уровне – насущная задача ГРР. Государственной программой РФ «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (далее Госпрограмма), утвержденной Правительством РФ в 2013 г., были определены следующие три приоритетных направления государственной политики в сфере обеспечения воспроизводства МСБ цветных металлов [2]:

- развитие действующих сырьевых баз;
- создание резервных (альтернативных) сырьевых баз в освоенных и новых районах;
- формирование крупных минерально-сырьевых центров в южных районах Красноярского края

и Иркутской области, в Забайкальском крае, на Салаирском кряже и в Дальневосточном регионе.

Эти направления были конкретизированы специалистами ЦНИГРИ применительно к меди, свинцу, цинку и реализованы при подготовке Среднесрочной программы ГРР Роснедра на период 2015–2020 гг. На примерах проектов поисковых работ авторами рассмотрена выработанная к настоящему времени и на перспективу до 2020 г. направленность ГРР на цветные металлы за счет средств федерального бюджета, в полной мере учитывающая указанные приоритетные положения Госпрограммы.

Развитие действующих сырьевых баз. В регионах с развитой горнодобывающей промышленностью (Южный Урал, Рудный Алтай) в настоящее время намечены к выполнению или выполняются ряд проектов Госзаказа, ориентированных на расширение и переоценку перспектив МСБ цветных металлов этих регионов. По результатам данных работ планируются подготовка программ ГРР, призванных обеспечить укрепление МСБ, необходимой для действующих предприятий, а в ряде регионов – ее возрождение.

Применительно к Южному Уралу отметим действующий проект «Ревизионно-поисковые работы по выявлению площадей, перспективных на скрытые и перекрытые медно-цинковоколчеданные месторождения в пределах Западно-Магнитогорской структурно-формационной зоны (Республика Башкортостан)». Площадь охватывает территорию в 6000 км², на которой размещено более двух десятков выявленных и разведанных месторождений (частью уже отработанных) и более 70 рудопроявлений, многие из которых в ходе предыдущих работ были слабо изучены. Целесообразность проведения данных работ определялась недостаточной обеспеченностью запасами медно-цинковоколчеданных руд действующих в регионе горно-обогачительных комбинатов, в том числе градообразующего Башкирского медно-серного комбината.

Практически все стоящие на балансе запасы меди региона находятся в распределенном фонде, при этом значительная их доля предназначена для подземной добычи с глубин от 300 до 1300 м и более. По итогам завершения проекта (с ревизией материалов всех ранее выполненных на площади изысканий и проведением по результатам ревизии заверочного бурения) выделено шесть перспективных участков, в пределах которых

предварительно оконтурены рудные залежи и локализованы прогнозные ресурсы, в сумме составляющие 3,4 млн т меди и 6,2 млн т цинка по категории Р₂. Один из наиболее перспективных участков (Новопетровский) включен в Перечень конкурсных объектов ГРР на 2015 г., остальные – рассматриваются в качестве объектов Госпрограммы на период 2016–2020 гг.

В Рудном Алтае действует ряд горнодобывающих компаний (в первую очередь, ОАО «Сибирь-Полиметаллы»), на долю которых приходится ~5% общей добычи цинка и ~6% свинца. Это связано с отсутствием подготовленных для отработки запасов и значительной глубиной залегания отработываемых руд. В целях укрепления МСБ свинца и цинка горнодобывающих предприятий инициирован и в 2012 г. завершен проект «Опережающие геолого-геофизические работы для переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая с целью разработки основы для создания ведущего в РФ центра по добыче свинца и цинка».

Для решения задач Госконтракта разработана и успешно применена система компьютерного анализа накопленной геологической, геофизической и геохимической информации. В общем виде необходимая информация, характеризующая изучаемую территорию и обеспечивающая решение прогнозных и поисковых задач, включает следующие картографические основы:

структурно-формационную;

дистанционную с результатами дешифрирования и интерпретации аэрокосмических снимков различных масштабов;

геофизическую (грави- и магнитометрические, уран-калий-ториевые – АГСМ) и геохимическую; рудной и метасоматической нагрузки.

Собранная в соответствии с данным перечнем информация проанализирована с использованием разработанной системы компьютерной обработки. Это позволило локализовать ряд перспективных площадей, провести в их пределах детализационные геофизические и заверочные горно-буровые работы, выявить рудоносные уровни в скрытом залегании, установить промышленные рудные подсечения и оценить прогнозные ресурсы свинца и цинка. По итогам выполненных работ локализованы семь перспективных площадей с суммарно апробированными и поставленными на учет прогнозными ресурсами категории Р₃: цинка – 31,6, свинца – 17,4, меди – 4,6 млн т (попутных золота – 250 т и серебра – 20,6 тыс. т). Это по-

Состояние запасов меди (с попутным золотом) на разведанных медно-порфировых месторождениях Российской Федерации (на 01.01.2014 г.)

Месторождения	МЕДЬ			ЗОЛОТО		
	ABC ₁	C ₂	Забалан- совые	ABC ₁	C ₂	Забалан- совые
Томинское, Челябин- ская область	<u>158 337</u> 743,3 (0,47)	<u>172 778</u> 793,2 (0,46)	<u>45 078</u> 195,7 (0,43)	-	<u>309 188</u> 31,175 (0,101)	<u>44 495</u> 2,573 (0,058)
Михеевское, Челябин- ская область	<u>282 233</u> 1245,3 (0,44)	<u>64 868</u> 297 (0,46)	<u>52 988</u> 205,5 (0,39)	-	<u>341 714</u> 46,921 (0,137)	<u>63 355</u> 6,181 (0,098)
Ак-Сугское, Республи- ка Тыва	<u>124 849</u> 932,4 (0,75)	<u>200 723</u> 1416,8 (0,71)	<u>58 897</u> 469,6 (0,80)	<u>124 849</u> 24,865 (0,20)	<u>200 723</u> 30,806 (0,15)	<u>58 897</u> 12,904 (0,22)
Быстринское, Забай- кальский край	<u>220 842</u> 1717,5 (0,78)	<u>71 189</u> 355,9 (0,5)	<u>39 925</u> 184,4 (0,56)	<u>220 842</u> 197,288 0,893	<u>71 189</u> 38,960 (0,547)	<u>32 925</u> 24,530 (0,745)
Песчанка, Чукотский автономный округ	<u>315 766</u> 2606,2 (0,83)	<u>128 094</u> 1124,5 (0,88)	<u>345 817</u> 1798 (0,52)	<u>315 766</u> 178,585 (0,57)	<u>128 094</u> 55,184 (0,43)	<u>345 817</u> 81,810 (0,24)
Итого	7244,7	3987,4	2853,2	400,738	203,046	127,998
ВСЕГО	11 232,1	-	-	603,784	-	-

П р и м е ч а н и е. В числителе — запасы руды, тыс. т; в знаменателе — запасы металла, тыс. т; в скобках — среднее содержание, %.

зволит проводить геологоразведочные работы за счет средств федерального бюджета с переводом ресурсов в более высокие категории. В результате на выделенных площадях ожидается выявление нескольких средних по запасам объектов свинца и цинка с попутными золотом и серебром.

Прогнозно-поисковый комплекс, примененный при проведении работ на Рудном Алтае, и апробированная система компьютерной обработки полученной информации рекомендованы к использованию при осуществлении близких по назначению опережающих работ в других регионах РФ.

Создание резервных (альтернативных) сырьевых баз цветных металлов в освоенных и новых районах Российской Федерации. Данное направление, прежде всего, связано с медно-порфировыми месторождениями. В настоящее время на Государственном балансе числятся лишь пять месторождений меди медно-порфирового типа, на долю которых приходится 8,3% запасов меди РФ (таблица), тогда как в мировой МСБ меди и

ее добыче доля таких месторождений составляет 60–65%. В этой связи в последние годы расширены ГРП (за счет средств федерального бюджета и средств недропользователей), нацеленные на обнаружение объектов медно-порфирового типа. Так, в пределах Дальневосточного региона в рамках Госзаказа выделена группа рудных районов, перспективных на выявление месторождений этого типа, и на некоторых из них проведены поисковые работы. Локализованы прогнозные ресурсы меди категорий P₂ и P₁ на ряде медно-порфировых объектов Чукотского АО – Ольховка (P₁ 350, P₂ 2000 тыс. т), Моренная площадь (P₁ 500, P₂ 700 тыс. т), Приморского края – Лазурное (P₁ 350, P₂ 650 тыс. т). Указанные объекты могут служить основой для создания крупной сырьевой базы меди на Востоке России.

Ускоренными темпами завершаются поисковые и оценочные работы на золото-медно-порфировом проявлении Малмыж в Амурской области (4,9 млн т меди категории P₁+P₂, 266 т золота, со-

держания Cu варьируют от 0,36 до 0,8%, а сопутствующего Au от 0,29 до 1,0 г/т).

Среди новых предложений на 2016–2017 гг. к числу подобных объектов отнесены Ямтульский (Амурская область), на более отдаленную перспективу – объекты на Чукотке и в Амурской области, в других регионах – Кызыкчадрский (Республика Тыва) и Сангасский (Иркутская область). Их цель – принципиальная оценка (на примере конкретных объектов) возможности выявления на этих территориях промышленно значимых медно-порфировых месторождений, разработка которых будет экономически оправдана.

На Южном Урале ОАО «Русская медная компания» осуществляет добычу медно-порфировых руд на Михеевском месторождении и подготавливает к освоению Томинское. Для воспроизводства МСБ меди в регионе в рамках Госзаказа в 2014 г. начаты работы по проекту «Поисковые работы с оценкой перспектив выявления промышленных месторождений медно-порфирового типа в вулканоплутонических поясах Южного Урала». Здесь, кроме Михеевского и Томинского месторождений, известно не менее трех десятков проявлений медно-порфирового типа. Некоторые из них с предварительно оцененными прогнозными ресурсами меди категории P_1+P_2 на уровне 0,7–1,0 млн т (при средних содержаниях Cu 0,3–0,35%) в 80–90-х годах были отнесены к забалансовым. Другие проявления не получили оценки, поскольку в годы их изучения уральские медно-порфировые объекты по качеству руд не выдерживали конкуренции с эксплуатируемыми медноколчеданными месторождениями.

По результатам работ по Госконтракту планируются локализация и оценка прогнозных ресурсов меди, их геолого-экономическая оценка по укрупненным показателям, разработка рекомендаций по дальнейшему направлению ГРП в регионе и выделению участков недр для лицензирования.

Формирование крупных минерально-сырьевых центров. Данное направление предусматривает необходимость проведения ГРП для укрепления МСБ меди, свинца и цинка на юге Красноярского края, Салаира и Забайкальском крае. Рассматриваемые районы характеризуются развитой инфраструктурой, наличием добывающих и перерабатывающих предприятий и истощенной МСБ свинца и цинка.

В Красноярском крае добычу свинца и цинка осуществляет ОАО «Горевский ГОК» из руд

Горевского месторождения, обеспечивающего 71% общей добычи свинца в РФ. Месторождение по запасам и качеству руд сопоставимо с зарубежными аналогами. Вместе с тем, его широкомасштабное освоение сдерживается исключительно сложными горно-геологическими условиями отработки, так как основная часть рудных залежей находится под руслом р. Ангара. Это ставит под угрозу возможность не только наращивания МСБ свинца предприятия, но и поддержание ее текущего состояния. В качестве определенной альтернативы сложившейся ситуации в Перечень объектов ГРП Роснедра на 2016 г. рекомендован проект «Поисковые работы на свинцово-цинковое оруденение в пределах Морянихинской площади в Ангарском рудном районе».

Морянихинская площадь охватывает часть высокоперспективной Токминско-Горевской металлогенической зоны с известными, но слабо изученными свинцово-цинковыми проявлениями – Линейное, Морянихинское, Меркурихинское – с высокими содержаниями свинца. В задачу проекта входит локализация и оценка прогнозных ресурсов категории P_1+P_2 (свинца 930, цинка 1870 тыс. т).

На территории Салаира в пределах Салаирской металлогенической зоны добыча полиметаллов (свинца, цинка, меди), золота и серебра осуществлялась с различной интенсивностью более 200 лет. В настоящее время объемы добычи весьма незначительные, что объясняется, в первую очередь, недостаточностью минерально-сырьевой базы цветных металлов Салаира, которая практически не развивалась с конца 60-х годов прошлого века. Кроме того, на территории Салаира известны многочисленные недооцененные рудопроявления и пункты минерализации цветных металлов и золота, а также геофизические и геохимические аномалии, требующие дальнейшего изучения. С учетом новых подходов, связанных с необходимостью прослеживания и оценки перспектив ранее изучавшихся фрагментарно уровней колчеданно-полиметаллического оруденения, можно рассчитывать на обнаружение новых золото-полиметаллических и сопряженных золоторудных объектов как в старых, хорошо исследованных рудных районах, так и на слабо изученных площадях в скрыто-перекрытом залегании.

Для возрождения МСБ свинца и цинка в регионе планируется постановка проекта «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения основных

рудных районов и узлов Салаирской металлогенической зоны». Проект предусматривает локализацию и оценку прогнозных ресурсов категории P_2 (меди 250, свинца 150, цинка 1000 тыс. т, золота 50 т). По результатам реализации проекта будут подготовлены программа ГРП на перспективу и конкретно площади для проведения поисков, на которых возможно выявление не менее 4–5 средних по масштабам промышленных объектов.

Забайкальский край многие годы относился к регионам страны с успешно работающей полиметаллической горнорудной отраслью. При этом добыча велась на незначительных по запасам богатых крутопадающих жильных объектах, многие из которых к настоящему времени отработаны. Это привело к существенному сокращению добычи свинца и цинка в регионе.

Открытие в последние годы Нойон-Тологойского месторождения с пологозалегающими «стратонидными» жильно-прожилковыми зонами позволило по-иному взглянуть на перспективы региона, связанные с добычей полиметаллических руд. С учетом возможности обнаружения в пределах рудных узлов Забайкалья нового «стратонидного» типа объектов полиметаллических руд в Перечень ГРП Роснедра на 2015 г. включен проект «Поисковые работы с оценкой перспектив золото-полиметаллического оруденения основных рудных районов и узлов Приаргунской структурно-формационной зоны». В пределах Приаргунской зоны площадью 5697 км² выделяются рудные узлы, в количестве 21, металлогенический потенциал которых по сумме свинца и цинка составляет 15 млн т. По итогам проведения работ ожидаются локализация перспективных площадей в ранге рудных полей с оценкой прогнозных ресурсов категории P_2 и разработка программы ГРП на перспективу. В ходе ее реализации возможно выявление крупных и средних по масштабам запасов объектов, пригодных для промышленной отработки, что позволит на десятилетия обеспечить МСБ действующих горнодобывающих предприятий.

Согласно намеченным показателям Госпрограммы, локализованные и оцененные в ходе планируемых ГРП за счет средств федерального бюджета прогнозные ресурсы меди, свинца, цинка категории P_1+P_2 (поисковый задел) за период 2015–2020 гг., должны составить по меди 6000, свинцу 4200, цинку 8500 тыс. т. Для решения этой задачи с участием ФГУП «ЦНИГРИ» в Роснедра подготовлен проект Перечня объектов ГРП, вклю-

чающий 26 объектов. Из них по меди 14 объектов, в том числе один переходящий, три новых (конкурсных) на 2015 г., два новых на 2016–2017 гг. и восемь на дальнюю перспективу; по свинцу и цинку 12 объектов, в том числе два переходящих, пять новых (конкурсных) на 2015 г., два новых на 2016–2017 гг. и три на дальнюю перспективу.

Планируемые по выбранным объектам геологоразведочных работ конкретные результаты по локализации и оценке прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка категории P_1+P_2 уже в период 2015–2017 гг. позволят не менее чем на 50% приблизиться к намеченным показателям. Подготовленные в этот же период новые перспективные объекты, несомненно, позволят полностью достичь показателей Госпрограммы.

В заключение отметим, что при проведении поисковых и оценочных работ по указанным направлениям практически на всех рассмотренных выше объектах осуществлялось научно-методическое сопровождение, в основу которого положен опыт многолетних исследований института по формационному анализу с применением элементов прогнозно-поисковых комплексов, имеющих в настоящее время фундаментальное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беневольский Б.И., Мигачев И.Ф.* Состояние минерально-сырьевой базы цветных металлов России и основные направления геологоразведочных работ // Разведка и охрана недр. 2013. № 4. С. 28–31.
2. *Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов»* [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
3. *Донской С.Е.* Выступление на открытии VII Всероссийского съезда геологов // Отечественная геология. 2013. № 1. С. 4–5.
4. *Михайлов Б.К.* Развитие экономических механизмов модернизации минерально-сырьевого сектора России на инновационной основе // Отечественная геология. 2011. № 2. С. 3–12.
5. *Михайлов Б.К., Михайлова В.П., Беневольский Б.И.* О программно-целевых принципах планирования воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых // Отечественная геология. 2013. № 6. С. 3–11.
6. *Состояние и пути развития минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов России / Михайлов Б.К., Беневольский Б.И., Вартамян С.С. и др.* // Разведка и охрана недр. 2012. № 9. С. 3–7.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АЛМАЗОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ЯКУТИИ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Голубев Юрий Конкордьевич
yukgolubev@gmail.com

В настоящее время наблюдается быстрое истощение минерально-сырьевой базы алмазов России. Арктическая зона Якутии обладает значительным потенциалом для обнаружения крупных коренных месторождений алмазов триасового возраста. Возможные коренные источники алмазов, скорее всего, имеют морфологические формы отличные от традиционных кимберлитовых трубок. В последние годы дискутируется гипотеза о том, что коренные источники представляют собой туффиты в составе карнийского яруса верхнего триаса, связанные с щелочно-ультраосновным магматизмом. Данные туффиты покрывали значительные территории, их перемыв обусловил образование четвертичных россыпей, а также россыпей рэтского яруса. Анализ существующих представлений о генезисе триасовых россыпей объясняет их формирование в результате осадочных процессов. Предложено решение вопроса обнаружения коренных источников алмазов в Арктической зоне Якутии.

Ключевые слова: алмазы, туффиты, минерально-сырьевая база, россыпи.

FUTURE VIEWS FOR NEW MINERAL BASE OF DIAMOND INDUSTRY IN ARCTIC YAKUTIA

FSUE TsNIGRI

Yu.K.Golubev

Mineral base of Russian diamond industry gradually depletes. Arctic zone of Yakutia enjoys a vast potential for discoveries of large primary diamond deposits of Triassic age. Most probably, possible bedrock sources of diamonds are morphologically different from well-known kimberlite pipes. A hypothesis is widely discussed that Carnian (Upper Triassic) tuffite related to alkali ultramafic magmatism could be the parent rock. The tuffites covered vast areas, and, when outwashed, these could have produced Quaternary placers, as well as much older placers of Rhaetian age. Analysis of existing notions on the origin of Triassic placers explains their formation via sedimentary processes. A solution of the issue of exploration for the primary diamond sources in Arctic Yakutia is presented.

Key words: diamond, tuffite, mineral base, placers

В настоящее время в развитии минерально-сырьевой базы (МСБ) алмазов России наблюдается весьма негативная тенденция: добыча растет, при этом переходят на существенно более дорогостоящую подземную добычу; запасы снижаются; вос-

производство запасов далеко не в полном объеме происходит за счет доразведки глубоких горизонтов известных месторождений. Новые объекты под разведку отсутствуют. Учитывая что с момента обнаружения месторождения до его ввода в

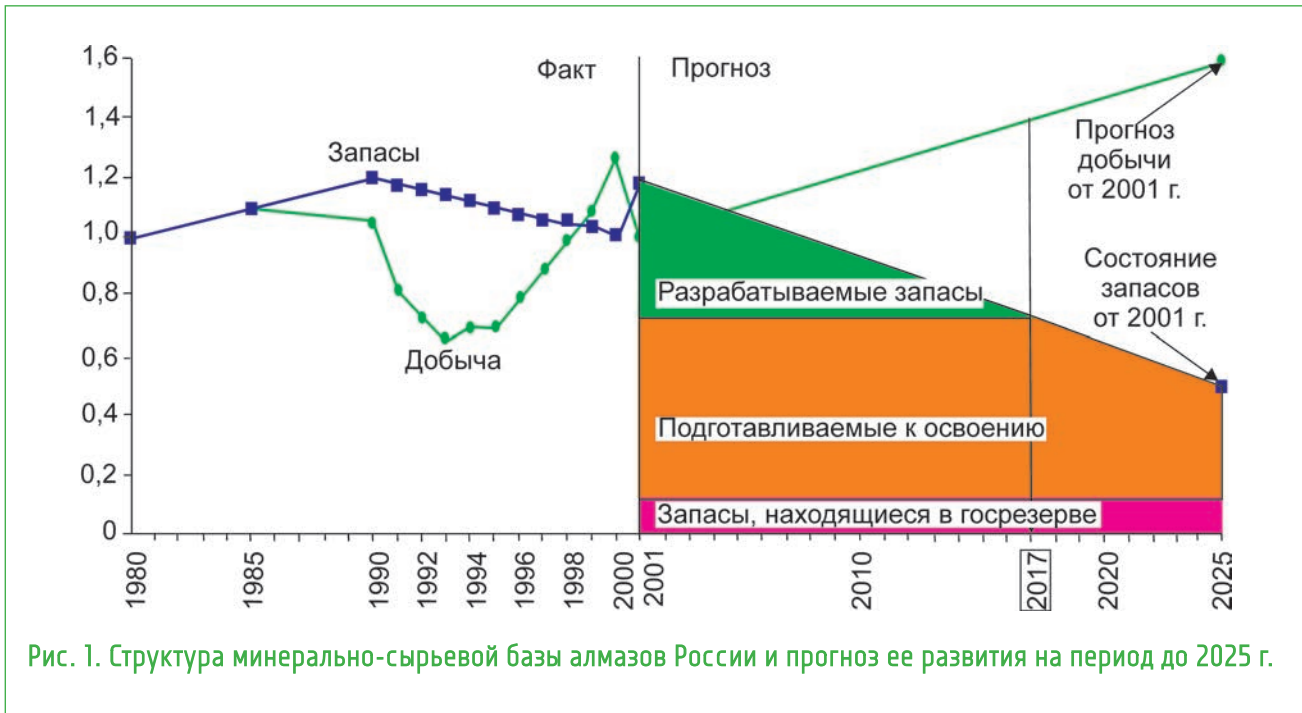


Рис. 1. Структура минерально-сырьевой базы алмазов России и прогноз ее развития на период до 2025 г.

эксплуатацию проходит как минимум десять лет, можно уверенно констатировать прогрессирующее отрицательное направление развития МСБ алмазов в ближайшие годы.

Сейчас Россия по добыче алмазов в количественном отношении (млн кар) занимает первое место в мире, а по объемам продаж – второе (немногим более 20% мировых продаж сырых алмазов в долларовом эквиваленте). По объему запасов стране принадлежит одно из первых мест в мире. Практически все запасы находятся в распределенном фонде недропользования. Основное количество балансовых запасов категорий

A+B+C₁ (95,05%) заключено в коренных месторождениях и 4,95% – в россыпных.

Месторождения алмазов с учтенными запасами характеризуются высокой степенью разведанности и промышленного освоения. В целом обеспеченность отечественной добычи суммарными запасами оценивается в 30–35 лет. В последние годы сложилась устойчивая тенденция, при которой погашение запасов не компенсируется их воспроизводством. Ежегодная добыча алмазов составляла 34–36 млн кар, а воспроизводство, т.е. прирост новых запасов, млн кар: 5 – 2010 г., 29,7 – 2011 г., 30,5 – 2012 г., 16,03 – 2013 г., 25,4 (ожидаемое воспроизводство) – 2014 г. (рис. 1). В ближайшее время очевиден спад добычи, при котором АК «АЛРОСА» не сможет поддерживать высокий уровень финансирования геологоразведки. Подобное положение проиллюстрировано на графике (рис. 2), составленном нами в 2008 г. в ходе подготовки материалов по базовому проекту «Выполнить анализ состояния минерально-сырьевой базы алмазов России и разработать меры по координации геологического изучения недр и воспроизводства запасов алмазов» по заказу МПР. Анализ графика, отражающего состояние запасов и их погашение, показывает, что с 2017 г. произойдет спад добычи со всеми вытекающими последствиями.

В любом случае весьма актуальна задача открытия новых месторождений, потенциал которых в России есть. Так, оценка прогнозных

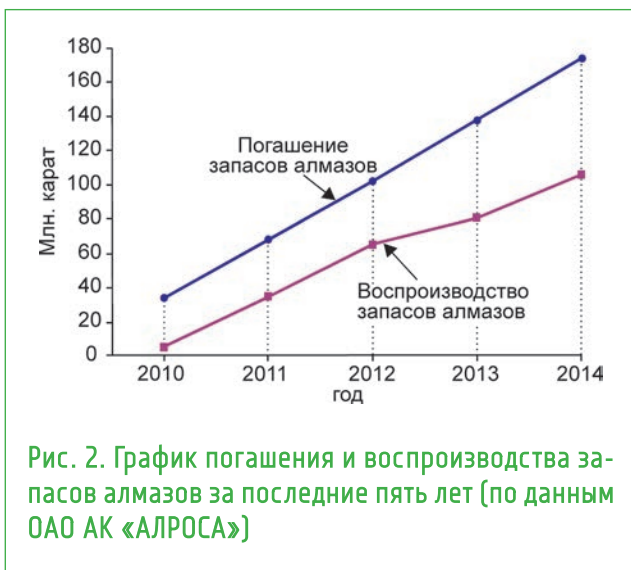


Рис. 2. График погашения и воспроизводства запасов алмазов за последние пять лет (по данным ОАО АК «АЛРОСА»)

ресурсов алмазов категории P_3 сравнима с известными запасами алмазов мира. В то же время, наблюдается существенный дефицит площадей, подготовленных для поисковых работ, поскольку поисковый задел с советского времени исчерпан, а работы по обоснованию новых финансировались в недостаточном объеме.

Как показывает анализ имеющейся в настоящее время информации, существуют предпосылки выявления богатых месторождений алмазов в Арктической зоне Якутии. Основания для подобного вывода следующие. Севернее Полярного круга западнее р. Лена до административной границы с Красноярским краем расположена Лено-Анабарская алмазоносная субпровинция; здесь на площади >400 тыс. км² найдено около сотни россыпей и россыпных проявлений алмазов, запасы которых можно отнести к уникальным. На балансовом учете числится несколько десятков миллионов карат. Коренные источники россыпей не установлены. Исходя из оценки запасов россыпей вполне допустимо предположить, что коренные источники, за счет которых они были сформированы, очень богаты. Этой же точки зрения придерживаются М.Д.Томшин с соавторами [9].

Не так давно появились представления о потенциальных коренных источниках алмазов данных россыпей, а также об их возрасте, что позволяет наметить пути их обнаружения. В этом отношении примечательно выявление россыпных концентраций алмазов в составе карнийских и рэтских отложений верхнего триаса. При этом алмазы по составу аналогичны алмазам четвертичных россыпей бассейнов рек Эбелях, Биллях, Маят, Холомолох, Молодо. В данную ассоциацию Ю.Л.Орлов включает в основном ламинарные и округлые кристаллы I, а также алмазы V и VII разновидностей.

Россыпные концентрации алмазов установлены в грубообломочных образованиях карнийского яруса в пределах Булкурской антиклинали в нижнем течении р. Лена (рис. 3) [1–3]. По данным авторов, алмазосодержащие осадки характеризуются значительной протяженностью выходов, но имеют небольшие мощности (до 1 м). Обломочный материал представлен преимущественно шаровидными и эллипсоидными формами диаметром 3–5 см без видимой предпочтительной ориентировки в пласте. Обломки сложены в основном трахибазальтами, трахитами, андезитобазальта-

ми, а также риолитами, дацитами. Хлоритовая и железисто-гидрослюдистая по составу цементирующая масса слабо литифицирована, без признаков механического износа минералов тяжелой фракции.

Осадки отличаются высокими содержаниями пиропов (>50% массы тяжелой фракции), ураганскими концентрациями несортированных алмазов (>10 кар/м³), практически полным отсутствием в легкой фракции кварца. Специфическая особенность карнийской россыпи – наличие алмазов всех размерных фракций, без какой-либо осадочной сортировки. Изучение вещественного состава осадков позволило авторам предположить их вулканогенно-осадочный генезис и отнести к категории туффинов. Вывод сделан, в том числе, на основании диагностированных в составе осадка лапиллей основного состава. Отмечено также, что в образованиях базального горизонта карнийского яруса прибрежно-морского генезиса присутствуют хорошо сортированные алмазы и их минералы-спутники, возрастает доля кварца, фиксируется морская фауна. По оценкам С.А.Граханова, прогнозные ресурсы алмазов карнийской россыпи на участке Булкур могут быть оценены в 31 млн кар по категории P_2 . (По материалам, представленным ФГУНПП «Аэрогеология» для участка Булкур ЦНИГРИ было апробировано 4 млн кар категории P_2).

На севере Оленекского поднятия в районе р. Келимяр С.А.Грахановым в процессе поисковых работ в составе булунканской свиты рэтского яруса верхнего триаса были обнаружены россыпные концентрации алмазов. Прогнозные ресурсы алмазов этой россыпи по категории P_2 оценены 61 млн кар.

По данным геологической съемки м-ба 1:50 000, проведенной в 1988–1992 гг. ПГО «Аэрогеология» под руководством Р.О.Галабалы, булунканская свита представлена толщей с крайне невыдержанным фаціальным составом и значительными колебаниями мощности до 2,6 м. Отложения свиты – конгломераты, гравелиты, разнозернистые песчаники, алевролиты, глины. Наиболее постоянен состав лишь базальных слоев, представленных двумя продуктивными пластами: базальных конгломератов (0,1–0,5 м) и гравелитов (0,05–0,25 м), отделенных от первого прослоем узловатых алевролитовых песчаников или песчаных алевролитов. Нередко прослой срезается слоем гравелитов, и они совместно с кон-

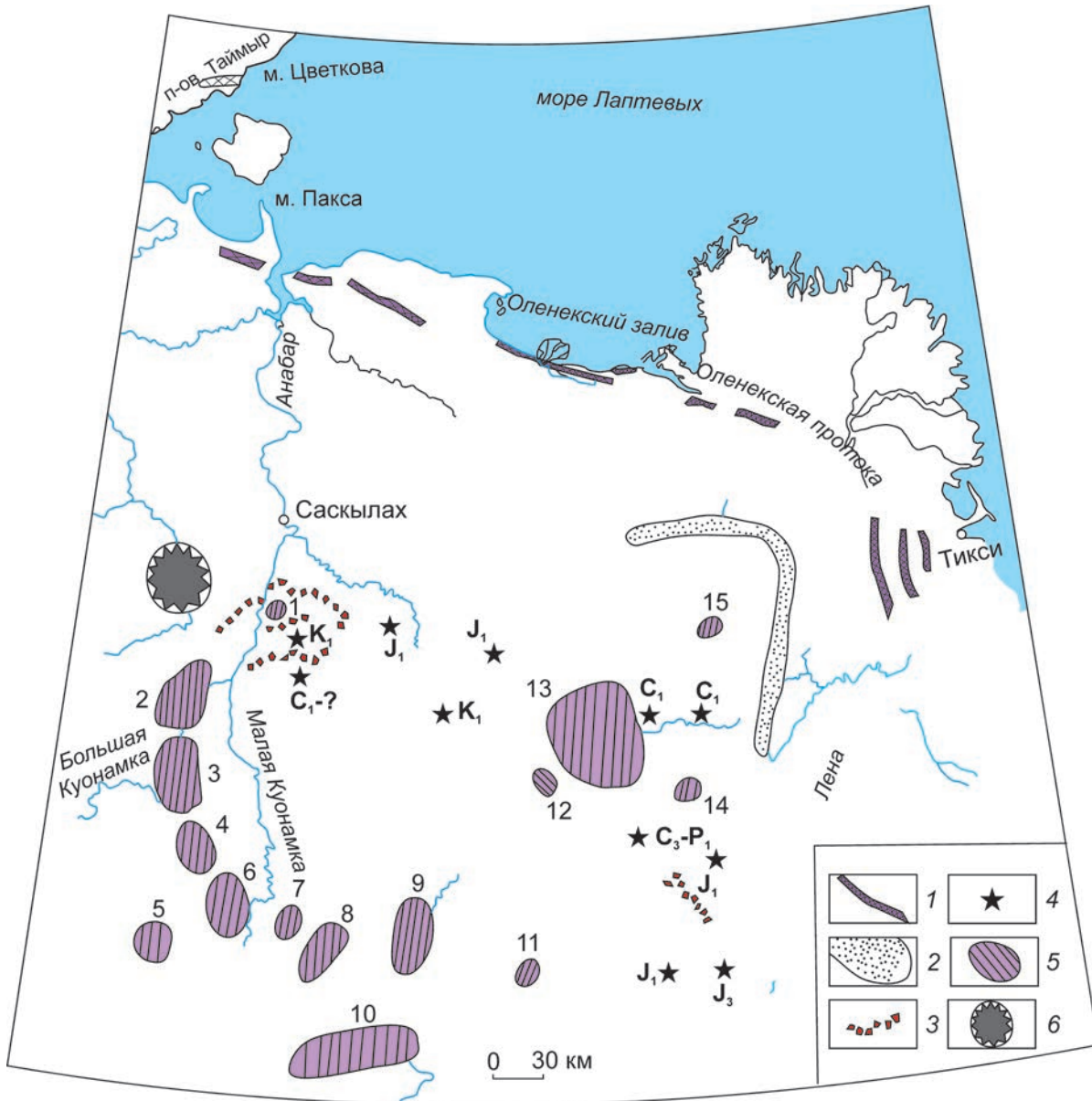


Рис. 3. Кимберлитовые поля, алмазоносные древние и современные россыпи северо-востока Сибирской платформы [2]:

1 – выходы на уровне современного среза алмазоносных пород карнийского яруса; 2 – потенциально промышленные рэтские россыпи; 3 – промышленные четвертичные россыпи; 4 – находки алмазов в разновозрастных промежуточных коллекторах, их возраст; 5 – кимберлитовые поля (1 – Анабарское, 2 – Старореченское, 3 – Ары-Мастахское, 4 – Дюкенское, 5 – Биригиндинское, 6 – Куранахское, 7 – Лучаканское, 8 – Западно-Укукитское, 9 – Восточно-Укукитское, 10 – Чомурдахское, 11 – Огонер-Юряхское, 12 – Мерчимденское, 13 – Куойско-Молодинское, 14 – Толуопское, 15 – Хорбусуонское); 6 – Попигайская астроблема

гломератом образуют единый базальный горизонт мощностью до 0,7 м. Отложения булунканской свиты отнесены к пляжевым осадкам неритовой зоны и состоят из разнозернистых терригенных осадков, в разной степени литифицированных

конгломератов, гравелитов, грубозернистых песчаников.

С.А.Граханов с соавторами [2] отмечают, что пиропы из рэтских базальных горизонтов отличаются повышенной крупностью. Это – ре-

зультат их гранулометрической сортировки при формировании прибрежно-морской россыпи. В ходе поисковых работ С.А.Грахановым на участке Келимьяр была отобрана проба 40,0 м³, в которой содержание алмазов составило 0,57 кар/м³ при максимальных значениях по отдельным пробам до 2,3 кар/м³ (178 кристаллов). На участке Никабыт в пробе объемом 7,8 м³ среднее содержание алмазов 0,91 кар/м³ (40 кристаллов).

Изучение типоморфных особенностей алмазов из рэтских отложений показало – при кристалломорфологическом сходстве алмазов из карнийских и рэтских россыпей, в последних повышен средний вес и понижено содержание мелких классов, что обусловлено их сортировкой в прибрежно-морских условиях [2]. Исследования химического состава пиропов из карнийского и рэтского ярусов говорят о близости распределений их основных характеристик. Анализ выборок пиропов свидетельствует о перспективах алмазоносности первоисточников, из которых они происходят.

С.А.Грахановым и А.П.Смеловым [1] для промышленных четвертичных россыпей алмазов северо-востока Якутии и триасовых промежуточных коллекторов, в которых впервые обнаружены кристаллы эбеляхского типа, установлены средне-позднетриасовые возрастные датировки кимберлитовых цирконов.

Суммирование запасов четвертичных россыпей, прогнозных ресурсов в триасовых осадках показывает, что из потенциальных коренных источников алмазов в осадочный процесс были вовлечены десятки миллионов карат алмазов. При этом следует принимать во внимание, что эрозионный срез в мезокайнозой не мог быть значительным. Все это говорит о вероятном богатстве коренных источников. В настоящее время нет общепринятой точки зрения об их типе.

М.Д.Томшин с соавторами [9] отмечают, что в непосредственной близости от района распространения алмазных россыпей известна серия сложенных долеритами, трахидолеритами, трахиандезитами и монцонитпорфирами интрузивных тел, объединенных в Эбехаинский дайковый пояс. Цепочка дайко-, штокообразных и эруптивных тел пояса протягивается в северо-западном направлении от верховьев р. Уджа до Хатангской губы на 400 км. В структурном плане дайковый пояс приурочен к северному склону Анабарской антеклизы и трассирует Молодо-Попогайскую зону глубинных разломов. Состав

галечного материала в карнийском и рэтском коллекторах соответствует составу пород пояса. Исходя из этого, авторы делают вполне обоснованный вывод о том, что неизвестный коренной источник триасовых алмазов и алмазов Эбеляхских россыпей разрушался одновременно с магматитами Эбехаинского дайкового пояса и должен быть пространственно сопряжен с последним.

Сравнение свойств минералов, выявленных в микротрещинках алмаза, показало их сходство по содержанию основных элементов с минералами магматитов Эбеляхского дайкового пояса. Установлены минералы явно не кимберлитовой природы. На этом основании авторы предположили связь источников алмазов с Эбехаинскими магматитами. Данные образования могут иметь как даечный облик, так и чечевицеобразную форму и располагаться в сочетании с триадой щелочных пород – трахидолеритами, трахиандезитами и монцонитпорфирами. По их мнению, очевидно, что только при разрушении протяженных алмазоносных тел могут формироваться обширные россыпи подобные Эбеляхским.

Как уже отмечено, С.А.Грахановым с соавторами [2, 3] предложена гипотеза о туфогенной природе мезозойских россыпей северо-востока Сибирской платформы. По данным анализов лапиллей и валового состава пород установлено, что туфы и туффиты карнийского яруса верхнего триаса относятся к образованиям основного субщелочного состава [7]. Возраст цирконов из туфов и туффи-тов указывает на две фазы алмазоносных эксплозий – ладинскую и раннекарнийскую, что хорошо согласуется с раннемезозойским этапом текто-номагматической активности на северо-востоке Сибирской платформы [1]. В то же время, в их составе присутствует полный набор минералов-индикаторов кимберлитов. В осадках, содержащих туфовый материал, алмазы не сортированы и по гранулометрическому спектру соответствуют спектру алмазов в кимберлитовых трубках.

Аналогичной позиции о туфовой природе карнийских осадков придерживаются В.Ф.Проскурнин с соавторами [6, 8]. В обнажениях в дельте р. Лена ими выделены карнийские осадки, которые рассматриваются как метатуфы, ксенотуфы, туфопесчаники и туфоалевриты. По их представлениям, породы имеют гидроэксплозивно-обломочную вулканогенную природу, а также базит-ультрабазитовый и, возможно, кимберлитовый состав. При этом данные анализов,

приведенные в работе, не подтверждают подобное заключение.

Сторонники туфогенной природы карнийских отложений полагают, что формирование россыпей с едиными типоморфными особенностями алмазов на большой территории северо-востока Сибирской платформы обусловлено выбросом алмазоносных туфов из коренных источников этого типа, который в ладине и карнии охватывал значительные площади. В рэтскую россыпь алмазы были переотложены из карнийских туфогенных осадков.

Таким образом, на основании существующих представлений о коренных источниках алмазов четвертичных россыпей северо-востока Якутии можно сделать следующие выводы:

возраст коренных источников уникальных четвертичных россыпей северо-востока Якутии, несомненно, является мезозойским;

коренные источники должны отличаться очень высокими концентрациями алмазов, иметь значительные выходы на эрозионную поверхность, или их должно быть достаточно много;

высока вероятность того, что источники окажутся нетрадиционными и будут представлены не кимберлитовыми трубками.

Подчеркнем, что вулканогенно-осадочная природа коренных источников алмазов данного района отражает только одну из точек зрения. Особенности вещественного состава карнийских коллекторов могут быть объяснены и другими процессами.

В 1980–1983 гг. на участке Тас-Ары проводились поисковые работы на алмазы ПГО «Аэрогеология» под руководством А.Ю.Егорова. К участку приурочены и обнажения булкурской антиклинали, где позднее С.А.Грахановым обнаружены алмазоносные вулканогенно-осадочные образования. Геологами ПГО «Аэрогеология» комплексно изучены и детально опробованы опорные разрезы пермских и триасовых отложений с проходкой канав и шурфов.

Полевые работы включали небольшой объем аэровизуальных маршрутов для определения степени обнаженности и дислоцированности выбранных участков опорных разрезов, прослеживание отдельных горизонтов по площади, изучение опорных разрезов. Установлено, во-первых, что карнийский пласт обладает интенсивной фациальной изменчивостью по площади, во-вторых, что в процессе формирования карнийских осадков последовательно сменялись обстановки осадконако-

пления от нормально-морских к прибрежно-морским и лагунно-континентальным. В ранние этапы трансгрессии (базальные слои) формировались латеральные осадки, фации берегового вала, характеризующиеся неправильной слоистостью, разнообразными текстурами взмучивания, отсутствием гранулометрической сортировки обломочного материала, многочисленными включениями обломков древесины, растительных остатков плохой сохранности, когтей ящеров и, наряду с этим, скоплениями брахиопод, морских двустворок, реже остатков рыб и аммоноидей.

В ходе исследований детально изучен вещественный состав осадочных толщ, наличие вулканогенного материала в которых не было установлено. Алмазы в составе карнийского пласта отмечались повсеместно. При этом минералогические ассоциации только на р. Булкур и м. Чекуровский указывали на близость источников сноса.

Исходя из этого, можно констатировать, что, с одной стороны, вулканогенный материал в виде лапиллей развит в составе карнийских осадков достаточно локально, так как работами ПГО «Аэрогеология» он установлен не был. С другой стороны, В.Г.Черенков (устное сообщение), принимавший участие в полевых работах, считает, что образования, которые были приняты за лапилли, являются овоидами из бокситоносных латеритных кор выветривания.

В 1988 г. вышел отчет А.Ю.Егорова по объекту «Опытно-методические работы по использованию дистанционных методов и палеогеографических реконструкций для прогнозирования древних россыпей (применительно к северным районам Якутской АССР и Красноярского края) и внедрение результатов в Амакинскую экспедицию ПГО «Якутскгеология». В отчете обобщены сведения об алмазоносности и минералогии триасовых отложений, палеогеографии Нижне-Ленского россыпного района на рубеже ладинского и карнийского веков, сделаны прогнозные выводы, даны краткие методические рекомендации.

Палинспастический анализ, выполненный А.Ю.Егоровым, позволил выяснить, что в северной наиболее приподнятой части области денудации на пермских отложениях залежали покровы трапповых базальтов, на которых в конце ладинского века в условиях теплого гумидного климата развивалась кора выветривания латеритного профиля. Небольшие глубоко врезанные водотоки размывали эти покровы. В их днищах и

бортах долины вскрывались допермские кислые эффузивы и более древние породы. С началом карнийской трансгрессии береговая линия Сибирской суши переместилась далеко на запад, а в пределах Нижне-Ленского района остались два острова: западный, соответствующий современной Булкурской антиклинали, восточный – Чекуровской и ее северному продолжению.

В ходе работ ПГО «Аэрогеология» нижнекарнийский алмазоносный уровень был прослежен на территории от Восточного Таймыра до Верхоянья. В Нижне-Ленском районе с ним связаны наиболее богатые россыпи. Содержания и крупность алмазов заметно изменяются на разных участках, но их кристалломорфологические особенности имеют много общих черт. Максимальные концентрации алмазов приурочены к участкам, где маломощный базальный горизонт сложен относительно хорошо отсортированными гравелитами и конгломератами. С увеличением мощности горизонта содержание алмазов резко снижается. Наиболее богатые россыпи установлены в пределах Булкурского поля, расположенного на левобережье р. Лена, т.е. там, где позднее С.А.Грахановым выделены вулканогенно-осадочные образования.

Данные материалы позволяют обосновать механизм формирования россыпных концентраций алмазов в районе Булкурской антиклинали. Как показано выше, в составе алмазоносного пласта отмечается наличие материала основного состава, полного спектра минералов-индикаторов кимберлитов, высоких концентраций несортированных алмазов. Подобный состав осадка мог быть сформирован в условиях седиментации по водно-гравитационному типу, т.е. седиментации типа селевого потока, вышедшего на шельф. При этом сход селевых потоков мог происходить с островов, которые выделил А.Ю.Егоров. Формирование селевых потоков в условиях латеритной коры выветривания – достаточно обычный факт. Совместное нахождение материала основного и кимберлитового составов может свидетельствовать о пространственной связи на континенте кимберлитов с основными породами (покровы траппов, на которых развивалась кора выветривания конца ладинского века).

В целом имеющийся материал позволяет говорить о возможном обнаружении в данном районе коренных источников россыпных алмазов кимберлитового или лампроитового типа мезозойского возраста. Не исключено, что мор-

фологические типы этих тел будут отличаться от типичных трубок, с которыми связаны месторождения алмазов.

В целях выявления коренных источников алмазов мезозойского возраста в настоящее время ЦНИГРИ проводятся поисковые работы на севере Оленекского поднятия в районе р. Келимьяр, где в отложениях булунканской свиты рэтского яруса ранее установлена площадная россыпь алмазов. Сторонниками туфогенной природы коренных источников алмазов формирование рэтской россыпи связывается с размывом карнийских отложений. В то же время, ее считают прибрежно-морской, пляжевой, что позволяет рассчитывать на наличие коренных источников в непосредственной близости от палеобереговой линии моря в рэтское время.

Зона пляжа и мелководного шельфа прослеживается в северо-западном – юго-восточном направлении. По данным С.А.Граханова, максимальные концентрации алмазов локализуются вдоль палеобереговой линии и составляют от 0,2 до 1,0 кар/м³, далее в сторону шельфа они уменьшаются до 0,2 кар/м³. Анализ материалов строения булунканской свиты показал, что ширина пляжевой зоны достигает 10 км при мощности галечников не более 50 см. Подобная зона могла сформироваться при постепенной регрессии рэтского моря. Геолого-съёмочными работами ПГО «Аэрогеология» в начале 90-х годов в составе галечного материала свит выявлены, %: гранит-порфиры 4, породы среднего состава (андезитовые порфиры и их переходные разности в трахиандезиты) до 7, породы основного состава до 16, туфы, туффиты 4–9, осадочные породы (песчаники, кремнистые породы) 2–20, метаморфические 1–5, гидротермально-метасоматические до 26, смешанного состава (лавобрекчия риолитового порфира, дацит-риолитовые порфиры, андезит-дацитовые, трахитовые порфиры) 11. Сходный состав гальки отмечен и в отчете С.А.Граханова (2010 г.).

В момент образования осадков свиты на берегу могли размываться пермские и нижнетриасовые отложения, представленные преимущественно тонкодисперсными осадками, не содержащими галечный материал, который отмечен в составе булунканской свиты. Поэтому можно предполагать, что вещественный состав россыпи формировался либо за счет размыва проблематичного коллектора, содержащего

гальку, обнаруживаемую в настоящее время в составе булунканской свиты, как предполагает С.А.Граханов [5], либо за счет перемыва в пляжевой зоне материала, привносимого селевыми потоками с суши. На данном этапе исследований каких-либо доказательств проявления данных процессов нет.

К настоящему времени проведены буровые работы на вскрытие булунканской свиты. Скважины задавались по эпицентрам аэромагнитных аномалий, выделенных как перспективные по данным аэромагнитной съемки м-ба 1:10 000. Результаты бурения показывают, что строение булунканской свиты значительно сложнее, чем предполагалось ранее. Грубообломочные отложения свиты вскрыты не были. По всей видимости, в ее строении отсутствует единый пласт. Предлагаются различные объяснения отсутствия осадков свиты в пробуренных скважинах. Один из вариантов допускает, что базальная часть свиты, где собственно локализуется россыпь, уничтожена при оползневых явлениях, как фиксировалось в отчетах по геологической съемке геологами ПГО «Аэрогеология». Мезозойские осадки по результатам бурения представлены толщами алевритов, алевролитов. Магнитные аномалии оказались связаны с линзами тонкодисперсного магнетита, рассеянного в виде нескольких уровней незначительной мощности.

Изучение вещественного состава тонких классов (<0,001 мм) протолочных проб осадков, вскрытых скважинами, показало, что в составе тонкодисперсной фазы алевритов присутствуют кварц, каолин, кальцит, гематит. Подобный минеральный состав свидетельствует о поступлении на шельф материала размыва, скорее всего, из латеритных кор выветривания. При этом минералов, связанных с туфовым материалом, не выявлено.

Наличие пылевидного магнетита, концентрирующегося в виде линз в составе алевритов и формирующего магнитные аномалии в условиях развития площадной латеритной коры выветривания, можно объяснить его сносом из верхних частей кимберлитовых трубок. Следует заметить, что Н.Н.Зинчук [4] при исследовании продуктов выветривания верхних горизонтов трубки Удачная отмечал в них тонкодисперсные карбонаты, серпентин, кварц, магнетит и пикроильменит. Таким образом, присутствие тонкодисперсного магнетита в составе мезозойских алевритов косвенно

подтверждает наличие кимберлитовых трубок в пределах площади работ.

По всей видимости, классические методы, применяемые при поисках алмазных месторождений, и связанные, в первую очередь, с выделением локальных геофизических аномалий трубочного типа с их последующей заверкой бурением, не дадут должного результата, поскольку до сих пор данная схема поисков не привела к открытию алмазных месторождений в этом районе. Для формирования россыпей с уникальными запасами нужны коренные источники, имеющие достаточно обширные выходы на эрозионную поверхность, поэтому при интерпретации данных аэромагнитных исследований необходимо закладывать другой образ объекта, который в настоящее время не известен.

Одним из путей выхода на потенциальный источник сноса может быть определение направления сноса алмазов в четвертичные россыпи. Анализ особенностей их распределения показывает, что, как правило, россыпи алмазов в пределах рассматриваемой территории приурочены к речным долинам ящикообразной формы, днище которых выполнено несортированным валунно-галечным материалом, а в составе валунов часто присутствуют дальноприносные разности. В пределах плоского днища долины прослеживаются незначительные водотоки, озеровидные расширения. Подобные водотоки не могли формировать россыпи. Строение долин, а также гранулометрический состав материала, содержащего россыпные концентрации алмазов, позволяют предполагать, что осадки, возможно, сформированы временными потоками катастрофического типа, образующимися при спуске временных ледниковых озер. При этом происходит мобилизация материала со дна озера и его размываемого борта, эрозия днища долины [10]. Перемещение материала возможно на несколько десятков километров. По направлению спуска можно предположить местонахождение потенциального источника алмазов. Применение данного подхода совместно с традиционными методиками выявления прогнозируемых кимберлитовых (лампроитовых) полей позволит, с нашей точки зрения, открыть здесь коренные источники. Ожидается, что источники будут нетрадиционными, в первую очередь, по возрасту. В России неизвестны месторождения алмазов мезозойского возраста, хотя в мире они широко

распространены. Следует подчеркнуть – коренные источники могут быть иных морфологических форм, чем классические трубки известных месторождений, так как в процессе эрозии в осадочный процесс высвобождалось значительное количество алмазов (десятки миллионов карат). Можно также предполагать, что потенциальные коренные источники обладают высокими концентрациями алмазов.

Резюмируя, отметим следующее:

существует высокая вероятность обнаружения в Арктической зоне Якутии богатых месторождений алмазов, что даст возможность в перспективе решить проблемы МСБ алмазов России;

выявление новых месторождений достаточно трудоемкий процесс, так как тип коренных источников, с которыми связаны россыпные алмазы, только предполагается;

необходима постановка геолого-съёмочных работ, поскольку для данной территории отсутствуют карты четвертичных отложений, а именно с ними связаны богатейшие россыпи;

необходимы тематические работы, направленные на выяснение механизма формирования четвертичных россыпей алмазов с определением возможных направлений транспортировки алмазоносного материала и выявления положения источников его сноса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Граханов С.А., Смелов А.П. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 56–63.
2. Граханов С.А., Смелов А.П., Егоров К.Н., Голубев Ю.К. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 3–12.
3. Граханов С.А., Сулейманов А.М., Голубев Ю.К. Пирокласты северо-востока Сибирской платформы как источник россыпных алмазов // Руды и Металлы. 2010. № 1. С. 45–48.
4. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2000.
5. Новые данные о геологическом строении дельты р. Лена и перспективах алмазоносности арктического региона / С.А.Граханов, А.В.Прокопьев, О.С.Граханов, К.Н.Егоров, В.П.Тарабукин, Е.Э.Соловьев // Отечественная геология. 2013. № 5. С. 33–40.
6. Перспективы выявления новых алмазоносных районов и нетрадиционных источников коренных алмазов на севере центральной Сибири (Таймыро-Североземельский регион) / В.Ф.Проскурнин, О.В.Петров, И.И.Курбатов, А.В.Гавриш, Л.И.Лукьянова // Мат-лы VI Международного горно-геологического форума МИНГЕО СИБИРЬ «Алмазы Сибири и Арктических регионов мира – история, настоящее и будущее». – Красноярск. 2012. С. 118–127.
7. Природа крупнообломочного материала алмазоносного базального горизонта карнийского яруса северо-востока Сибирской платформы по геохимическим данным / Л.И.Полуфунтикова, С.А.Граханов, О.Б.Олейников, А.П.Смелов, К.Н.Егоров // Отечественная геология. 2011. № 6. С. 52–57.
8. Проскурнин В.Ф., Виноградова Н.П., Гавриш А.В., Наумов М.В. Признаки эксплозивно-обломочного генезиса алмазоносного карнийского горизонта Усть-Оленекского района (петрографо-геохимические данные) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 6. С. 698–711.
9. Томшин М.Д., Лелюх М.И., Иванов П.О. О возможном нетрадиционном коренном источнике алмазов Эбеляхских россыпей (Якутская кимберлитовая провинция) // Отечественная геология. 2011. № 2. С. 13–18.
10. Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and glaciation. – Edward Arnold, London, 1998.

ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УГЛЕРОДИСТЫХ ТЕРРИГЕННЫХ И КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Иванов Анатолий Иннокентьевич
a.ivanov@tsnigri.ru

Рассмотрена роль ФГУП «ЦНИГРИ» в изучении закономерностей формирования золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах, создании прогнозно-поисковых моделей и прогнозно-поисковых комплексов. Характеризуются новые направления по совершенствованию подходов к исследованию таких месторождений, в том числе крупнообъемных, и их переоценке. Приводятся новые данные по стадийности золотого рудообразования, обстановкам формирования разноранговых месторождений, а также новые методические подходы к их поискам и оценке.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, углеродистые терригенные и карбонатно-терригенные комплексы, переоценка месторождений, стадийность рудообразования, обстановки формирования, разноранговые месторождения, прогноз и поиски.

GOLD DEPOSITS WITHIN CARBONACEOUS TERRIGENOUS AND CARBONATE TERRIGENOUS COMPLEXES AND PROSPECTS OF DISCOVERING NEW SUCH DEPOSITS IN THE RUSSIAN FEDERATION

FSUE TsNIGRI

A.I.Ivanov

The role of FSUE TsNIGRI in the study of formative regularities inherent in gold deposits localized within carbonaceous terrigenous and carbonate terrigenous complexes, as well as in the development of forecast and exploration models and systems is considered. New directions in improvement of the approaches to the studying and reappraisal of such deposits, including the high tonnage – low grade objects, are defined. New data on evolution of the gold ore deposition and formative environments typical of deposits of various rank, as well as new exploration and evaluation methodologies are discussed.

Key words: gold deposits, carbonaceous terrigenous and carbonate terrigenous complexes, deposit reappraisal, evolution of the gold ore deposition, formative settings, deposits of various rank, forecast and exploration.

После открытия в 50-х годах XX в. в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах крупных золоторудных месторождений Нежданинское (1951 г., с 1975 г. – опыт-

ное производство), Бакырчик (1953 г., с 1955 г. – отработка окисленных руд), Мурунтау (1958 г., с 1969 г. – добыча) с преобладающим прожилково-вкрапленным типом оруденения стала очевид-

ной необходимость поисковых работ на выявление подобных объектов на других территориях в пределах СССР. До их открытия ведущим в золотодобыче был кварцево-жильный тип руд.

Месторождения золота в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах изучались многими геологами, среди которых были и сотрудники ЦНИГРИ – Н.И.Бородаевский, В.А.Нарсеев, В.М.Яновский, В.Н.Сорокин, В.Б.Чекваидзе, Н.А.Фогельман, П.Ф.Иванкин, Ч.Х.Арифлулов, Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов и др. Рекомендации сотрудников института на постановку поисковых работ в разных регионах страны на прожилково-вкрапленное золотое оруденение имели важное практическое значение. Так, в Ленской золотоносной провинции комплексные геологические исследования, включая составление геологических карт масштабов 1:100 000 и 1:200 000, проводили Ю.П.Казакевич, Т.П.Жаднова, С.Д.Шер, А.А.Стороженко, А.К.Кондратенко и др. [27]. В 1959–1963 гг. при поисково-оценочных работах на Сухоложском рудном поле (В.А.Буряк, Н.П.Попов и др.) открыто месторождение Сухой Лог. Было установлено, что концентрации золота представляют промышленный интерес и связаны с прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной минерализацией в углеродистых сланцах. В 1967–1970 гг. на месторождении проведена предварительная разведка, в 1971–1977 гг. – детальная (Н.П.Попов и др.), в результате которой утверждены запасы категорий $V+C_1+C_2$.

В 1972 г. обнаружено месторождение Майское, с 2013 г. отрабатываемое ОАО «Полиметалл»; в 1975 г. – Олимпиадинское, на котором в 1985 г. началась добыча золота из окисленных руд; в 1978 г. – Кумтор (в 1989 г. подготовлено ТЭО разработки, в 1997 г. компания Centerra Gold Ltd начала отработку).

В 70–80-е годы изучение геологического строения и условий формирования золоторудных полей и месторождений в углеродисто-терригенных толщах в ЦНИГРИ резко усилилось. В результате на основании собственных материалов и обобщения данных других организаций сотрудниками института опубликован ряд работ [1, 2, 4, 9, 10, 22–26, 29–31, 36, 38, 40–42, 46, 49–51]. Показано, что прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение – самостоятельный тип, а не околожильный, как считали многие геологи. Приведены характеристики этой группы месторождений, определена формационная принадлежность основных типов оруденения, охарактеризованы

золото-сульфидная, золото-кварц-сульфидная, золото-сульфидно-кварцевая, золото-кварцевая, золото-антимонитовая рудные формации. Установлены основные закономерности рудообразования – структурные особенности золотоносных провинций и районов, типы рудных полей.

Важными представляются исследования для выработки критериев локализации рудных залежей. К ним относятся выделение зон рудовмещающих деформаций как долгоживущих структур, контролирующих предрудные и рудные процессы; выявление полихронности рудообразования и общей стадийности формирования золоторудных месторождений. Показаны первоначальное (вероятное) накопление золотосодержащих углеродистых осадков, их диагенетическое и раннее метаморфическое преобразование, последующая переработка при региональном метаморфизме и гранитообразовании.

В итоге установлены основные закономерности формирования золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах, определены критерии их прогноза и поисков – региональные (тектонический, магматический, литолого-фациальный и др.) и локальные (структурный, магматический, литологический, гидротермально-метасоматический, геохимический, геофизический, минералогический). Они послужили основанием создания прогнозно-поисковых комплексов (ППК) для золотоносных провинций, металлогенических зон и подзон, рудных районов и рудных полей, а также разработки структурно-морфологических моделей месторождений различных геолого-промышленных типов.

Интенсификация геологоразведочных работ в 80-е–2000-е годы на прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных толщах привела к открытию крупных и средних по запасам месторождений в Ленской золотоносной провинции (Вернинское, Невское, Чертово Корыто, Высочайшее), на Енисейском кряже (Ведугинское, Благодатное и др.), в Яно-Колымской провинции (Кючус, Декдекан, Дrajное и др.) и других регионах.

За последние 10–15 лет геологами ЦНИГРИ проделана большая работа по переоценке месторождений рудного золота в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных толщах. Яркий

пример – переоценка месторождения Сухой Лог в Бодайбинском рудном районе. В связи с исторически сложившейся последовательностью изучения оно было «расчленено» на четыре рудных объекта: собственно Сухоложское месторождение, запасы которого защищены в 1977 г. (Н.П.Попов и др.), Северо-Западное рудное тело (Г.Н.Кочнев и др., 1979 г.), зону Центральную (В.Н.Глазков и др., 1992 г.) и месторождение Западное (В.А.Бобров и др., 2001 г.). Работы института по переоценке месторождения Сухой Лог, завершённые в 2007 г. (И.А.Карпенко и др.), показали, что фактически все четыре объекта являются частями единого месторождения, и все они локализованы в одной минерализованной зоне [8, 21, 32].

Предыдущими исследователями потенциальная золотоносность оценивалась по наличию, концентрации и формам нахождения в породе сульфидов (пирита). Нижним пределом потенциальной золотоносности считалось содержание сульфидов в породе 0,5%, определявшееся визуально. Опробование керн скважин осуществлялось при содержаниях сульфидов выше этого предела. При переоценке месторождения Сухой Лог критерием наличия и интенсивности проявления золотой минерализации принято бортовое содержание Au, которое составляло при выделении минерализованных зон и убогих руд в их пределах 0,2 г/т, рудных зон и бедных руд в границах рудной зоны 0,5 г/т, рядовых руд в контуре бедных руд в границах рудной зоны 1,5 г/т (1,2 г/т – для отработки подземным способом).

Возможность переработки рядовых, бедных, а также убогих руд обоснована положительными результатами технологических исследований с применением предварительного обогащения методами фотометрической сепарации. В результате установлено, что суммарная мощность минерализованных пород в центральной части месторождения Сухой Лог колеблется от 200 до 260 м. Интенсивность выделенной по данным опробования золотой минерализации, масштаб, формы ее проявления и в определенной степени минеральный состав отличаются в разных частях разреза, подчиняясь проявлениям структурного (тектонического) и литологического контроля. При наложении этих двух видов контроля оруденения формируются интенсивно минерализованные участки – рудные зоны – с наиболее

высокими концентрациями золота, которые на месторождении Сухой Лог надежно оконтуриваются по бортовому содержанию Au 0,5 г/т (Главная рудная зона), а их центральные части, сопряженные с осевой плоскостью складки и наиболее интенсивно выраженной зоной смятия – по бортовому содержанию Au 1,5 (1,2) г/т, представляя собой рудные столбы специфического строения. Общая средняя мощность Главной рудной зоны 98 м, в том числе рядовых руд – 29,57 м.

В результате переоценки месторождения Сухой Лог балансовые запасы металла значительно возросли и составили (категории В, С₁ и С₂) 1953 т, забалансовые – 799 т, в сумме – 2752 т. Впервые поставлено на баланс 1541 т серебра.

В аналогичных исследованиях сотрудники ЦНИГРИ участвовали и в Яно-Колымской провинции, где ранее известные золото-кварцевые месторождения Наталка, Омчак, Павлик относились к линейным штокверкам. Так, на месторождении Наталка ранее было выявлено более 100 рудных зон. Под руководством Б.К.Михайлова [33–35], в том числе с участием сотрудников ЦНИГРИ (С.Ф.Стружков), была обоснована перспективность выявления крупнообъемных золоторудных месторождений в Магаданской области, в том числе целесообразность переоценки Наталкинского месторождения как крупнообъемного объекта. При научно-методическом сопровождении ЦНИГРИ (С.Ф.Стружков и др.) ОАО «Рудник им. Матросова» в 2004–2006 гг. проведена доразведка месторождения и показано, что при снижении бортового содержания Au до 0,4 г/т ранее разведанные и эксплуатируемые рудные тела и зоны объединяются в единую рудную залежь. Рудная залежь представляет собой минерализованную блок-пластину генерального северо-восточного падения, пронизанную сетью кварцевых жил, участками брекчирования, разноориентированными кварцевыми прожилками. Установлена отчетливая вертикальная морфологическая зональность рудной залежи: в верхней части месторождения зоны прожилковой минерализации содержат мощные (до 1–2 м) стволы жилы существенно кварцевого состава, тогда как начиная с горизонта 600 м и глубже рудная залежь практически целиком представлена штокверком тонких, в том числе микроскопических, сульфидно-кварцевых прожилков. В результате переоценки месторождения (балансовые запасы Au до переоценки составляли 245 т) при бортовом

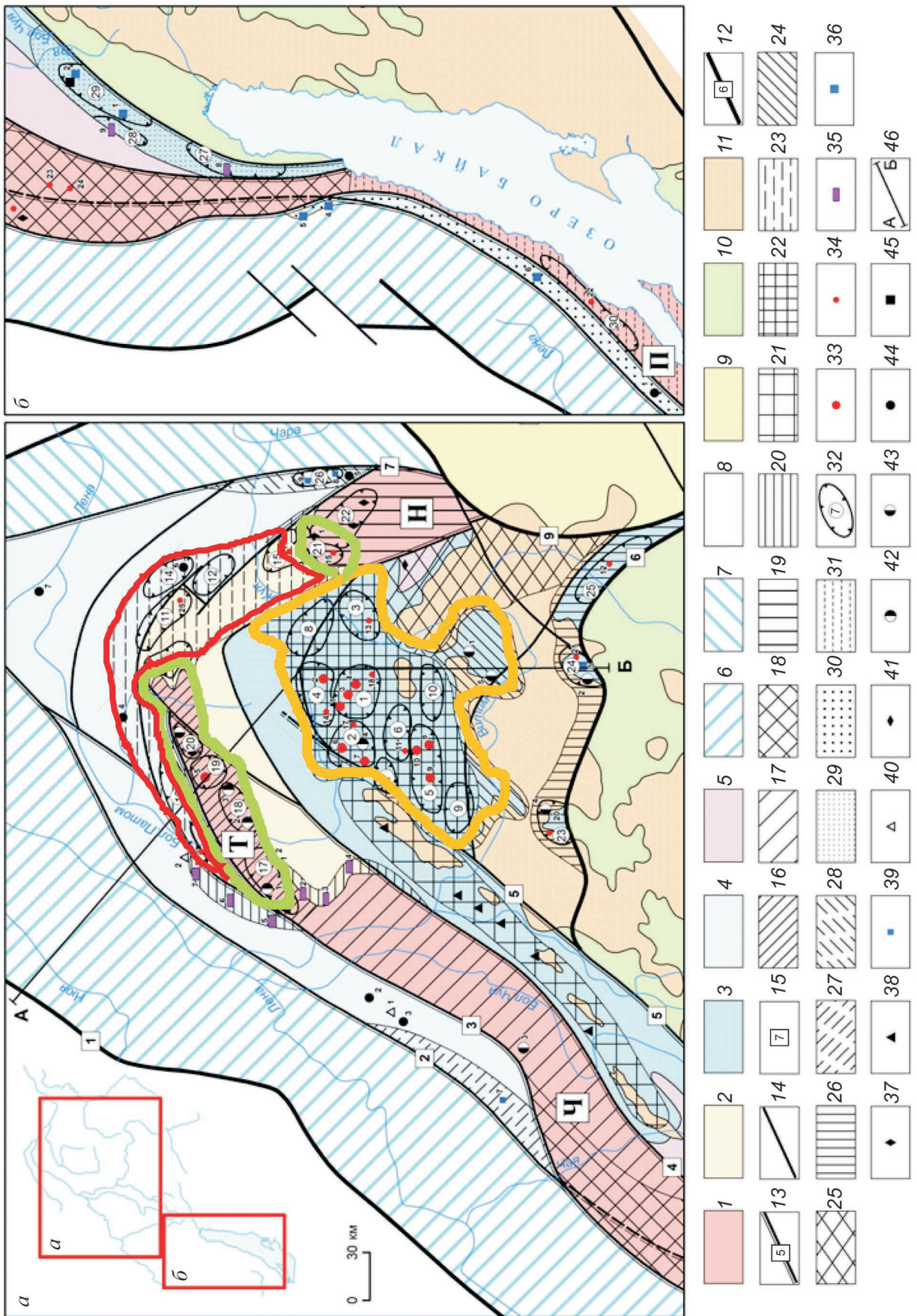


Рис. 1. Схема основных структурных элементов и металлогенического районирования северной (а) и юго-западной (б) частей Байкало-Патомской золоторудной провинции:

Чуйско-Нечерский антиклинорий: 1 – выступы дорифейского фундамента (Н – Нечерский, Т – Тонодский, Ч – Чуйский, П – Прибайкальский), 2 – часть антиклинория с фундаментом, перекрытым рифейскими отложениями; синклинии: 3 – Мамско-Бодайбинский, 4 – Байкало-Патомский; 5 – выходы образований дорифейского фундамента в краевых частях синклинориев; *Сибирская платформа*: зоны линейных складок, сформированные в краевой («шельфовой») части пассивной континентальной окраины: 6 – Приленская, 7 – Причарская; 8 – слабо деформированная в рифей-вендское время часть Сибирской платформы; 9 – дорифейские образования Алданского щита и Становой зоны; 10 – разновозрастные образования Байкало-Муйского пояса; 11 – позднепалеозойские гранитоиды (Ангаро-Витимский батолит); 12 – главные разломы, разделяющие крупные литосферные блоки; *главные внутривластовые разломы*: 13 – сформированные на стадии седиментации и активизированные на всех последующих этапах, 14 – сформированные при линейной складчатости и активизированные на последующих этапах; 15 – номера разломов (1 – Ленско-Нюйский, 2 – Ачиткано-Джербинский, 3 – Аλεκано-Мало-Туюканский, 4 – Чуйский, 5 – Абчадский, 6 – Право-Мамаканский, 7 – Жуинский, 8 – Чарский, 9 – Ничатский); *рудные районы*: 16 – Тонодский уран-оловянно-вольфрамово-золотой, 17 – Чуйский железо-уран-вольфрамовый, 18 – Ачитканский уран-вольфрамово-золотой, 19 – Нечерский молибден-уран-золотой, 20 – Витимский железорудный, 21 – Мамский слюдоносный, 22 – Бодайбинский оловянно-вольфрамово-золотой, 23 – Патомо-Нечерский золотоносный, 24 – Синюгинский оловянно-вольфрамово-золотой, 25 – Нечеро-Жуинский редкометалльно-редкоземельно-слюдоносный, 26 – Додыхтинско-Уряхский оловянно-вольфрамово-золотой, 27 – Мало-Чуйский свинцово-цинково-фосфорито-магнетитовый, 28 – Джербинский свинцово-цинковый, 29 – Олоkitский свинцово-цинково-железородный, 30 – Прибайкальский свинцово-цинковый, 31 – Верхне-Ленский ураново-золотой; 32 – *рудные узлы* (1 – Кропоткинский, 2 – Мараканский, 3 – Тунгусский, 4 – Хомолхинский, 5 – Артемовский, 6 – Верхне-Аунаkitский, 7 – Томиловский, 8 – Кулибрянский, 9 – Бодайбоканский, 10 – Энгажиминский, 11 – Нирундинский, 12 – Молвинский, 13 – Больше-Таймендринский, 14 – Валюхтинский, 15 – Баллаганахский, 16 – Туюкано-Илигирский, 17 – Туюканский, 18 – Хайвергинский, 19 – Кеваkitский, 20 – Челонченский, 21 – Бульбухтинский, 22 – Ствотахский, 23 – Додыхтинский, 24 – Чаяндринский, 25 – Уряхский, 26 – Бестахский, 27 – Тыйский, 28 – Абчадский, 29 – Холоднинский, 30 – Миндей-Кулькуттинский); 33 – *промышленные месторождения золота* (1 – Сухой Лог, 2 – Высочайшее, 3 – Вернинское, 4 – Невское, 5 – Чертово Корыто, 6 – Ожерелье, 7 – Ыканское, 8 – Копыловское, 9 – Кавказ, 10 – Догалдынская Жила); 34 – *разведываемые месторождения золота* (11 – Красное, 12 – Уряхское, 13 – Светловское, 14 – Верхне-Угаханское, 15 – Ходоканское), в разной степени изученные *рудопроявления* (16 – Гольцовое, 17 – Ровнинское, 18 – Атырканское, 19 – Георгиевское, 20 – Пальчи, 21 – Джелагунское, Догалдынское, 22 – Мало-Миндейское); 35 – *перспективные рудопроявления железистых кварцитов* (1 – Язовское, 2 – Гремучее, 3 – Сухое, 4 – Максимихинское, 5 – Чистое, 6 – Быстринское, 7 – Мало-Туюканское Витимского железорудного района, 8 – Абчадского, 9 – Тыйского рудных узлов); 36 – *промышленные месторождения и перспективные рудопроявления свинца и цинка* (1 – Холоднинское, 2 – Овгольское, 3 – Среднее, 4 – Таборное, 5 – Луговое, 6 – Ново-Анайское); 37 – *месторождения и рудопроявления урана* (1 – Чепок, 2 – Туюканское); 38 – месторождения слюды-мусковита; *рудопроявления слабо изученные*: 39 – свинца и цинка (7 – Одинокое, 8 – Бестяк, 9 – Оттах), 40 – магнетита (1 – Малочуйское, 2 – Малотуюканское), 41 – ниобий-фосфор-редкоземельные (Атычакское, Усть-Бираинское), 42 – олова (1 – Находка, 2 – Сентябрьское, 3 – Серебристое, 4 – Юдовое), 43 – вольфрама (1 – Кварцвое, 2 – Догалдынское, 3 – Марининское, 4 – Яковлевское, 5 – Синюгинское); 44 – фосфоритов (1 – Сарминское, 2 – Межвежское, 3 – Мало-Калайское, 4 – Челонченское, 5 – Бестахское, 6 – Молвинское, 7 – Урикское); 45 – меди и никеля (с МПГ); 46 – линия разреза; остальные усл. обозн. см. рис. 2

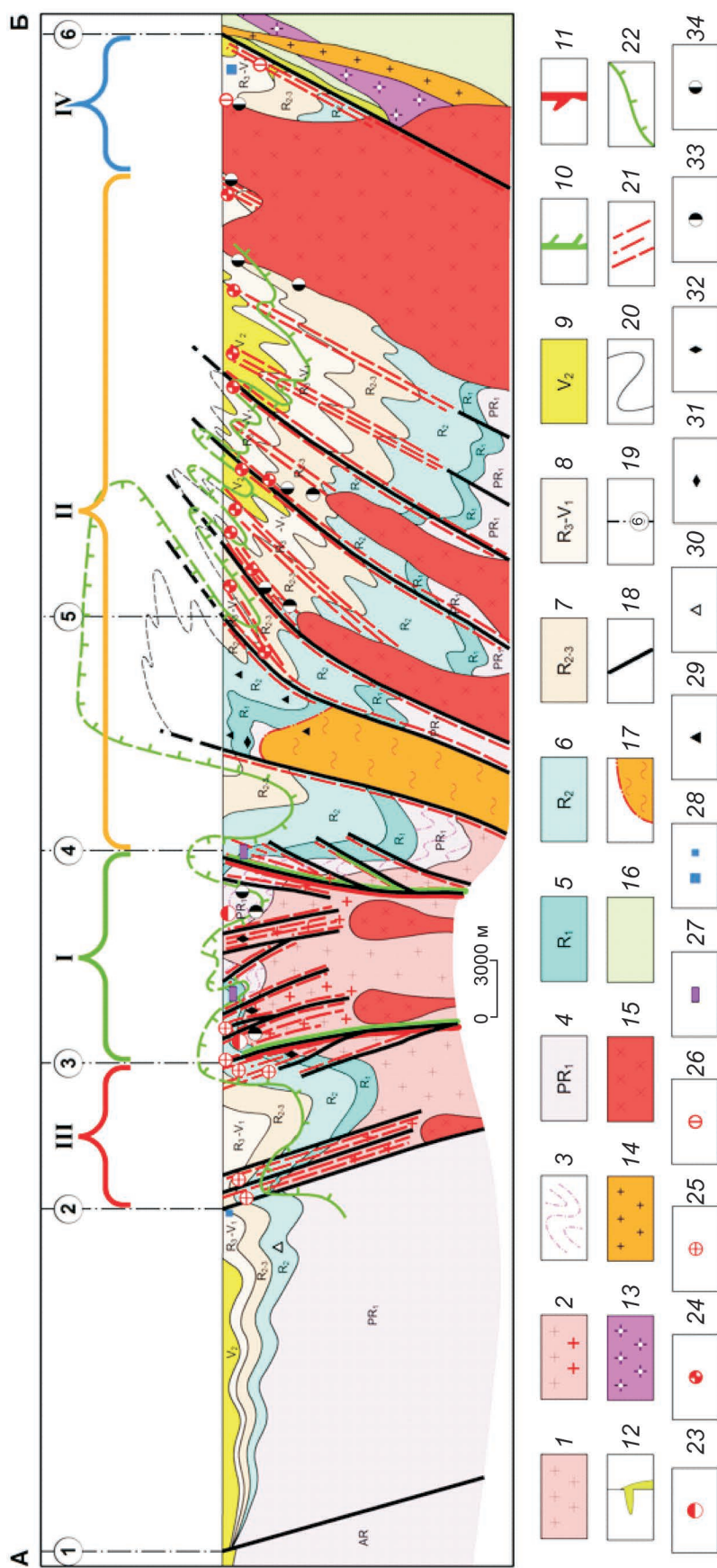


Рис. 2. Модель рифейско-позднепалеозойского рудообразования:

образования раннепротерозойского фундамента: 1 – гранитоиды, 2 – гранитоиды, реоморфизованные в позднем палеозое, 3 – осадочно-метаморфические, 4 – нерасчлененные; отложения рифей: 5 – раннего, 6 – среднего, 7 – средне-верхнего; 8 – позднерифейско-ранневендские отложения; 9 – верхневендские отложения; породы магматических комплексов: 10 – базиты чайского, 11 – граниты язовского, 12 – базиты довыренского и муйского, 13 – гранитоиды муйского, 14 – граниты лесного и малоякорного, 15 – гранитоиды конкудеро-мамаканского; 16 – разновозрастные образования Байкало-Муйского пояса; 17 – интенсивно гранитизированные образования; главные внутри-блоковые разломы; 18 – сформированные на стадии седиментации и активизировавшиеся на всех последующих этапах, 19 – сформированные при линейной складчатости и активизировавшиеся на последующих этапах (номера разломов см. рис. 1); 20 – геологические границы (пунктиром – предполагаемые выше уровня земной поверхности); 21 – зоны расслабевания этапа линейной складчатости с проявлением золотоносного бурошаплатового метасоматоза, активизировавшиеся при региональном метаморфизме и на сингранитном (конкудеро-мамаканский) этапе; 22 – изограды биотита регионального метаморфизма (пунктиром – предполагаемая выше уровня земной поверхности); месторождения, рудопроявления золота: 23 – Кевактинской, 24 – Бодайбинской, 25 – Дальнеитайгинской, 26 – Додыхтинско-Урахской обстановок; месторождения, перспективные рудопроявления: 27 – железистых кварцитов, 28 – свинца, цинка, 29 – слюды мусковита, 30 – магнетита, 31 – ниобий-фосфор-редкометалльные, 32 – урана, 33 – олова, 34 – вольфрама; цветными скобками над разрезом и римскими цифрами, а также контурами того же цвета на рис. 1 обозначены структурно-вещественные обстановки формирования золоторудных объектов: I – складчато-разрывных пограничных (фундамент – чехол) комплексов (Кевактинская), II – линейных складчато-разрывных комплексов (Бодайбинская), III – линейных складчатых комплексов (Дальнеитайгинская), IV – складчато-разрывных «пришовных» комплексов (Додыхтинско-Урахская)

содержании 0,4 г/т балансовые запасы Au (категории В, С₁ и С₂) увеличились до 1521 т, забалансовые – составили 121 т.

В последние годы в ЦНИГРИ продолжается изучение золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах ряда регионов в целях актуализации и уточнения прогнозно-поисковых моделей формирования таких объектов и прогнозно-поисковых комплексов, в том числе с разработкой новых методических приемов поисков в сложных ландшафтных условиях. Это можно проиллюстрировать на материалах по Байкало-Патомской металлогенической провинции (БППр), где многие годы направление геологоразведочных работ определяла идея В.А.Буряка, относившего золотое оруденение района к метаморфогенно-гидротермальному типу. Согласно его точке зрения, золото мобилизовывалось из пород при гранитизации с накоплением в палингенном расплаве, из которого с метаморфогенными гидротермами мигрировало из зон высокого метаморфизма в зону их разгрузки – зеленосланцевую фацию. К началу 90-х годов XX в. практически все перспективные участки в пределах зон низкого метаморфизма с признаками оруденения по геохимическим или геологическим данным были опоискованы, и новые золоторудные месторождения прогнозировались только вблизи (на флангах) известных объектов.

Площади развития более интенсивно метаморфизованных (за изоградами биотита и граната) пород (бассейны золотоносных рек Маракан, Тунгуска, Артемовский, Веселяевский, Средний Маракан, Мустах и др.), а также участки с низким метаморфизмом пород – бассейны рек Накатами, Энгажимо и др., где стандартными методами не были установлены поисковые признаки золотого оруденения (из-за «закрытых» ландшафтов), исключены из прогнозной оценки.

Анализ имеющихся и новых материалов по золотоносности региона (рис. 1) позволил доказать полихронность и полигенность оруденения, обосновать роль каждого этапа формирования золоторудной минерализации в образовании месторождений, выделить структурно-вещественные обстановки локализации рудных залежей, показать их общие черты и различие, определить основные рудоконтролирующие процессы, влияющие на масштабы месторождений, разработать методику поисков месторождений рудного золота в сложных ландшафтных условиях [7, 11–20]. В ито-

ге сделан благоприятный прогноз на поиск промышленных золоторудных объектов на ряде территорий, считавшихся бесперспективными. Геологоразведочные работы на нескольких выделенных участках привели к выявлению месторождений рудного золота Ожерелье и Ыканское (2004 г.), а также рудопроявлений в рудных полях (на Светловском – Дорожное, Северное, Дальнее, 2009 г.; в северной части Кропоткинском – Верхне-Угаханское и Широкое, 2010 г.; на Атыркан-Кудускитском – Атырканское и Кудускитское, 2012 г.).

В настоящее время ЦНИГРИ продолжает изучение Светловского и Атыркан-Кудускитского рудных полей, а также выделенных новых перспективных участков в пределах южной части Бодайбинского рудного района. ОАО «Высочайший» завершило разведочные работы на месторождениях Ыканское, Ожерелье, рудопроявлении Верхне-Угаханское (месторождение Угахан). На первых двух проводятся эксплуатационные работы, на Угаханском строится ГОК с годовой производительностью 2,6 млн т руды.

Основные новые положения по закономерностям золотого рудообразования, прогнозированию перспективных участков, поисковым работам в пределах Байкало-Патомской металлогенической провинции сводятся к следующему.

Полигенность и полихронность рудообразования. Обосновано проявление четырех этапов рудообразования: седиментационного, формирования рудоконтролирующих зон рассланцевания при линейном складкообразовании, метаморфогенного преобразования золотоносных пород и сингранитного завершающего. Первый и четвертый этапы рассматривались ранее в работах геологов ЦНИГРИ [40 и др.] и других исследователей, второй и третий выделены с учетом новых данных.

Седиментационный этап. В последние годы по БППр появились фактические данные о формировании сульфидного материала при седиментации в высокоуглеродистых породах бужуйтинской, анагской и догалдынской свит соответственно в пределах Верхне-Угаханского, Верхне-Безымянковского и Кудускитского рудопроявлений [14]. На Верхне-Угаханском рудопроявлении сульфидная минерализация представлена пирротином, отмечаемым в песчаных прослоях в виде обильной вкрапленности или образующим почти мономинеральные слои мощностью до 1–3 см. Сингенетичный характер сульфидной

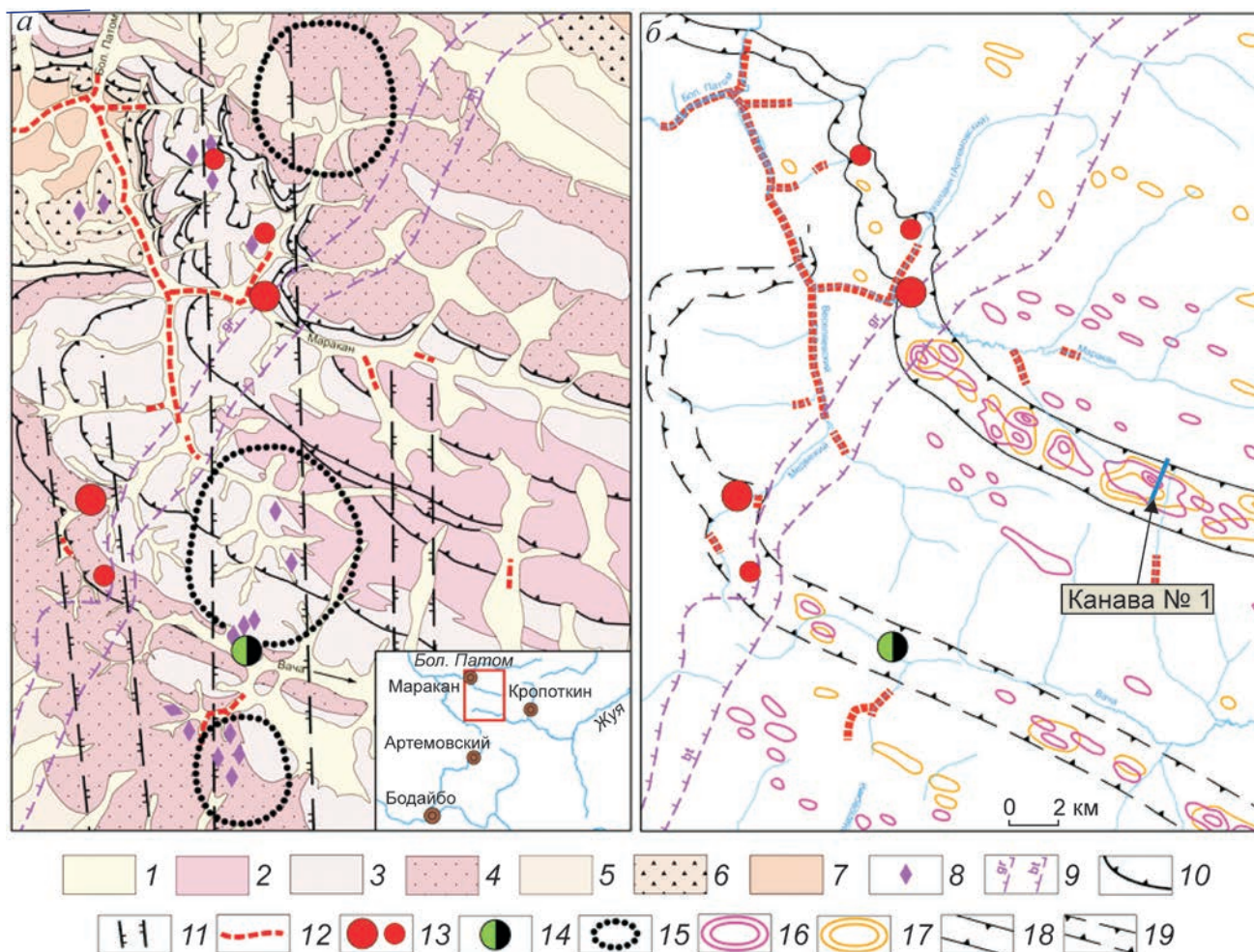


Рис. 3. Геологическая карта (а) и схема распределения вторичных ореолов рассеяния Au и As (б) в пределах Мараканского рудного узла:

1 – четвертичные аллювиальные отложения; вендская бодайбинская серия: 2 – илигирская, 3 – анангрская, догалдынская, 4 – аунакитская, вачская свиты; средне-верхнерифейская ныгринская серия: 5 – хомолхинская, имняхская, 6 – бужуйхтинская, угаханская свиты; 7 – среднерифейская баллаганакская серия (бугорихтинская и бодайбокская свиты); 8 – дайки гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса; 9 – изограды граната и биотита регионального метаморфизма; 10 – основные надвиги и взбросы, синхронные линейной складчатости; 11 – субмеридиональные зоны наиболее интенсивной сингранитной гидротермально-метасоматической переработки; 12 – промышленные россыпи золота; 13 – золоторудные месторождения, перспективные проявления; 14 – рудопроявление олова Юдовое; 15 – надынтрузивные зоны невоскрытых гранитных интрузий, выделенные по геолого-геофизическим данным; изолинии содержаний металлов по материалам опробования вторичных ореолов рассеяния: 16 – Au (0,003–0,1–1,0 г/т), 17 – As (0,004–0,01%); рудоконтролирующие структуры: 18 – Ровнинская, 19 – Вачская

минерализации доказываем ее участием в строении стратификационных текстур – косой, волнистой и параллельной слоистости. В ряде случаев установлена деформация пирротиновых слоев с образованием подводно-оползневых

текстур. На Верхне-Безымянковском и Кудускитском рудопроявлениях сингенетичная минерализация представлена тонкозернистым пиритом, который участвует в строении косослоистых и параллельно-слоистых серий. Ни пробирным,

ни спектральным анализами золотоносность сульфидных сингенетических образований не выявлена, что, возможно, связано с недостаточной чувствительностью анализов. Отметим, что процесс обогащения углеродистых глинистых толщ провинции золотом при осадконакоплении мало изучен. Однако учитывая широкое проявление сингенетической сульфидной и золотой минерализации в черносланцевых толщах, слагающих практически весь рифейско-вендский разрез, а также геохимические материалы по другим регионам и современному осадконакоплению в океанах [3, 4, 24, 37, 40, 44, 45 и др.], принципиально важно выделять этот этап накопления сульфидных минералов (и, возможно, золота).

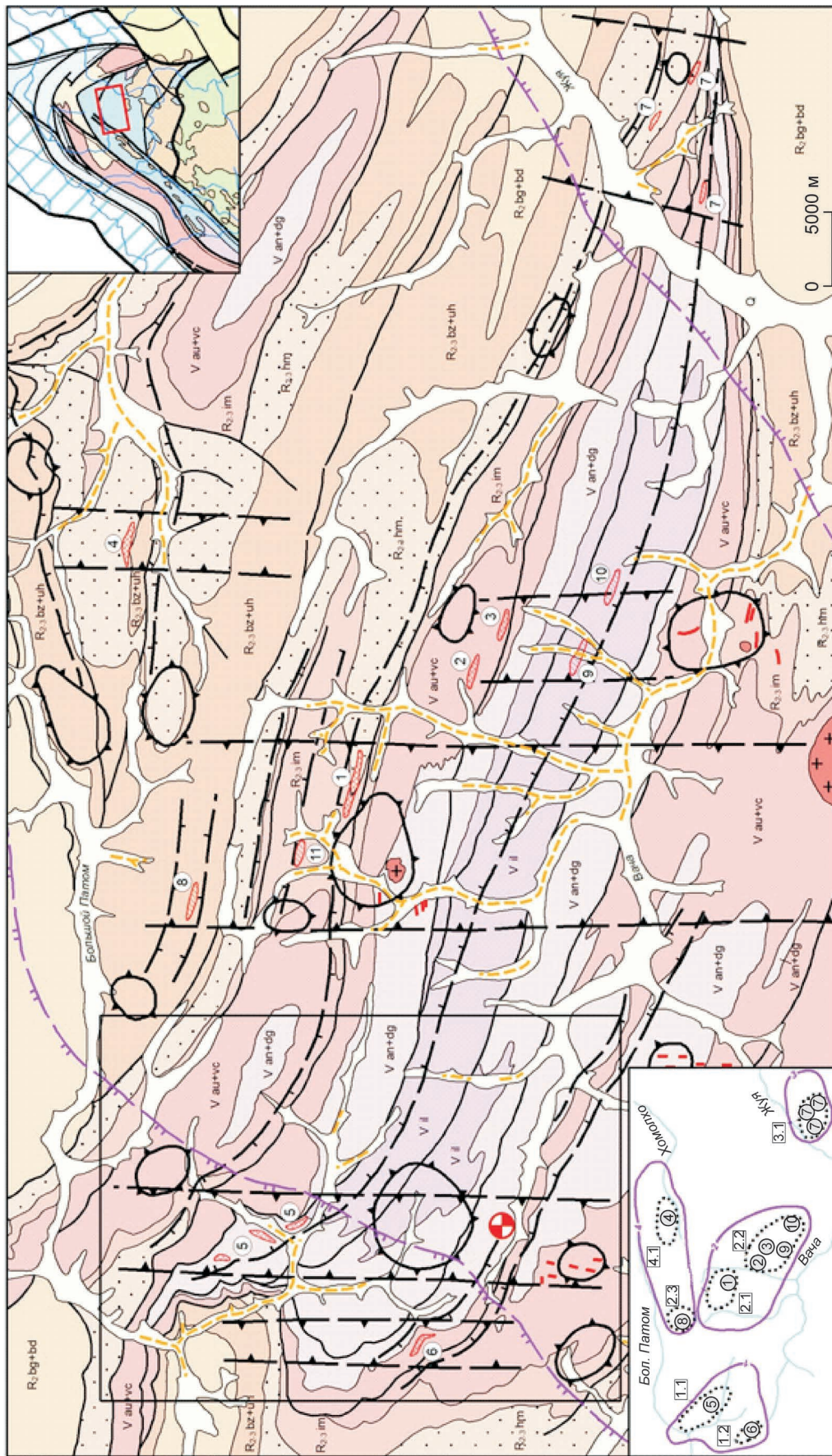
Этап формирования рудоконтролирующих зон рассланцевания. Основные рудоконтролирующие разломные структуры сформировались на заключительных этапах линейного складкообразования рифейско-вендских отложений (начально-коллизийный этап). Они представляют собой субсогласные с простиранием пород зоны рассланцевания с проявлением интенсивных метасоматических процессов – железо-магнезиальной карбонатизации (бурошпатизации) (рис. 2). Бурый шпат отличается повышенным содержанием тонкодисперсного золота, которое при выщелачивании образует солевые ореолы (в ассоциации с мышьяком и другими элементами), обнаруживаемые литохимическим опробованием по вторичным ореолам рассеяния (рис. 3). Изучение Ровнинской рудоконтролирующей зоны рассланцевания в канаве 1 (см. рис. 3) показало, что бурошпатизированные песчаники (до 25–40% по объему) по данным опробования по вторичным ореолам рассеяния, а также точечным пробам характеризуются повышенной золотоносностью и резко аномальными содержаниями мышьяка в сравнении с небурошпатизированными [14, 15]. Имеющиеся материалы в целом по региону позволяют сделать вывод о том, что бурошпатизация в рудоконтролирующих зонах рассланцевания – основной рудноподготовительный процесс. Именно в пределах таких обогащенных золотом зон рассланцевания и бурошпатизации при последующих преобразованиях могут формироваться месторождения золота.

Этап метаморфогенного преобразования золотоносных пород. Продолжение коллизийных процессов после линейного складкообразования привело к возникновению зон гранитизации,

формированию гранитогнейсовых куполов, проявлению купольной складчатости, регионально-метаморфическим преобразованиям пород [7, 12, 20 и др.]. При этом во фронтальных частях гранитогнейсовых куполов активизировались соскладчатые зоны рассланцевания с золотоносной бурошпатовой и сульфидной минерализацией (см. рис. 2). Установлено (Л.И.Салоп, Б.В.Петров, В.А.Макрыгина и др.), что при региональном метаморфизме (уже на изограде биотита) происходили практически полное метаморфическое преобразование бурых шпатов и переход пирита в пирротин [7, 14 и др.]. В бассейне р. Маракан (см. рис. 3) пробы по вторичным ореолам рассеяния с повышенными содержаниями золота и мышьяка, отобранные традиционным способом с глубины 30 см, трассируют рудоконтролирующие зоны рассланцевания с интенсивной синскладчатой (дометаморфической) золотоносной бурошпатизацией [11–15, 17]. На участках более метаморфизованных пород (за изоградой биотита) ореолы золота и мышьяка исчезают, создавая эффект «потери» рудоконтролирующих структур (см. рис. 3). Но в действительности зоны продолжают и в области высокого метаморфизма. Именно здесь выявлены месторождения Ожерелье и Ыканское. Рудоносные структуры трассируются шлиховыми ореолами золота, выявленными опробованием из шурфов с глубины не менее 1 м. Вторичные ореолы рассеяния золота и мышьяка по пробам, отобраным с такой же глубины, также позволяют проследить минерализованные зоны. Одновременно в речных долинах появляются россыпи золота.

Этот феномен свидетельствует о том, что в золотоносных бурых шпатах при минеральных превращениях субмикроскопическое золото укрупнялось и выделялось в свободном состоянии [14]. Укрупненное самородное золото за счет гравитации «просаживается» в делювии на глубину не менее 0,7–1,0 м [12, 14, 16] и не улавливается при стандартном поверхностном опробовании. Процесс преобразования золотоносных бурых шпатов с высвобождением золота в самородном виде и его укрупнением в регионально-метаморфический этап при активизации зон рассланцевания происходил на периферии гранитогнейсовых куполов и в тех участках, где *РТ* условия соответствовали зоне хлорита [14].

Завершающий этап формирования месторождений золота. Позднеколлизийное развитие региона, связанное с внедрением



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|----|---------|----|---------|----|---------------------|----|---------------------|----|------------------------|---|------------------------|---|---|---|---|----|----|
| Q | 1 | V il | 2 | V an+dg | 3 | V au+vc | 4 | R _{2.3} im | 5 | R _{2.3} hm | 6 | R _{2.3} bz+uh | 7 | R _{2.3} bg+bd | 8 | + | 9 | + | 10 | 11 |
| Q | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | | | | | | | | | |

позднепалеозойских гранитоидов и формированием реоморфизованных гранитных куполов в раннепротерозойских гранитоидах, завершилось формированием золоторудных месторождений. Их образование после регионального метаморфизма пород установлено на примере месторождений Ыканское и Ожерелье, а также рудных зон Светловского рудного поля, рудные тела которых располагаются в зонах диафтореза среди отложений, метаморфизованных в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Они локализованы в сформированных при линейной складчатости золотоносных зонах расланцевания и бурошпатизации, активизированных в сингранитный этап. В возникших при этом зонах диафтореза ярко проявлены мусковитизация, серицитизация, окварцевание, развиты новообразованные пирит, сидерит, анкерит и исчезают все высокотемпературные минералы. Наиболее интенсивно рудоносные процессы этого этапа протекают в узлах пересечения рудоконтролирующих золотоносных зон расланцевания и секущих сингранитных разломов (рис. 4; см. рис. 3) в тех частях надынтризивных областей, где температурные условия, соответствующие зо-

не хлорита, благоприятствовали концентрации золота. Гидротермально-метасоматическая переработка обогащенных золотом пород, в связи с внедрением гранитоидных комплексов, сопровождалась дополнительным его привнесом в надынтризивно-околоинтризивные и надкупольно-околокупольные зоны [12, 14].

В более высокотемпературных условиях надынтризивно-околоинтризивных зон формировалось оловянное, вольфрамовое, висмутовое (в том числе с золотом) оруденение, сопровождающееся высокотемпературными процессами турмалинизации, грейзенизации [7, 14].

Максимальные концентрации золота отмечены в тех структурно-вещественных комплексах, где проявлены все этапы рудонакопления, а масштабы их зависят от интенсивности сопутствующих процессов.

В последние годы на основании общего геологического анализа и геохронологических данных вывод о длительности формирования золотого оруденения региона сделан многими исследователями [3, 5, 6, 28, 37, 39, 43, 47, 48].

Обстановки формирования золотого оруденения. Различие обстановок формирования золо-

Рис. 4. Схематизированная геологическая карта и карта полезных ископаемых северной части Бодайбинского рудного района:

1 – четвертичные отложения; *вендские свиты*: 2 – илигирская (сланцы углеродистые, прослои песчаников углеродистых, иногда известковистых), 3 – анангская и догалдынская (песчаники полимиктовые и аркозовые, иногда известковистые, прослои сланцев углеродистых и слабоуглеродистых), 4 – аунакитская и вачская (сланцы высокоуглеродистые, прослои песчаников кварцевых углеродистых); *средне-верхнерифейские свиты*: 5 – имнянская (известняки, карбонатно-слюдистые алевролиты, сланцы, песчаники), 6 – хомолхинская (сланцы и метаалевролиты углеродистые, в средней части прослои кварцевых песчаников), 7 – бужуихтинская и угаханская (сланцы углеродистые в переслаивании с песчаниками, в верхней части с известняками); 8 – среднерифейские бугорихтинская и бодайбокканская свиты (песчаники полимиктовые, прослои сланцев углеродистых, в верхней части известняки с прослоями сланцев углеродистых); *граниты конкудеро-мамаканского комплекса*: 9 – массивы биотитовых гранитов, 10 – дайки гранит-порфиров; 11 – основные разломы (надвиги, взбросы); 12 – контур надынтризивных зон над не вскрытыми эрозией гранитными интрузиями на глубине ~3 км (по геолого-геофизическим данным); 13 – продольные рудоконтролирующие (для золотого оруденения) зоны расланцевания и складчато-разрывных деформаций; 14 – сингранитные зоны поперечных деформаций над разломами фундамента; 15 – изографа биотита регионального метаморфизма; 16 – основные промышленные россыпи золота; 17 – месторождения рудного золота (1 – Сухой Лог, 2 – Вернинское, 3 – Невское, 4 – Высочайшее, 5 – Ожерелье, 6 – Ыканское); 18 – рудные зоны с промышленными параметрами Светловского (7), Верхне-Угаханского (8), Атыркан-Кудускитского (рудопроявления: 9 – Атырканское, 10 – Кудускитское) рудных полей; 19 – рудопоявление олова и вольфрама Юдовое (с Au, Ag, Bi); 20 – контур территории Мараканского участка; *на врезке*: 21 – рудные узлы (1 – Мараканский, 2 – Кропоткинский, 3 – Тунгусский, 4 – Хомолхинский), 22 – рудные поля (1.1 – Ожерельное, 1.2 – Ыканское, 2.1 – Сухоложское, 2.2 – Вернинско-Невское, 2.3 – Верхне-Угаханское, 3.1 – Светловское, 4.1 – гольца Высочайшего)

1. Сравнительная характеристика обстановок формирования золотого оруденения

Признаки	Обстановки				
	Складчато-разрывных пограничных (фундамент - чехол) комплексов	2	3	4	5
1					
Рудные районы	Тонодский, Нечерский, Верхне-Ленский		Бодайбинский, Синюгинский	Патомо-Нечерский	Додыхтинско-Уряхский
Месторождения и рудопроявления	Чертово Кoryто, Ходоканское, Мало-Миндейское		Сухой Лог, Вернинское, Невское, Высочайшее, Ожерелье, Ыканское и др.	Георгиевское, Петровское	Уряхское, Пальчи, Джалагунское, Догалдынское
	<i>Элементы различия</i>				
Структурные элементы БППр	Чуйско-Нечерский антиклинорий		Мамско-Бодайбинская зона Мамско-Бодайбинского синклинория	Байкало-Патомский синклинорий и перекрытая рифейскими отложениями часть антиклинория	Додыхтинская и Уряхско-Чаянд-ринская зоны Мамско-Бодайбинского синклинория
Условия (обстановки) R_1-V осадконакопления	R_1 шельф и грабены (начально-рифтогенный этап)		Континентальный склон	Пришельфовая часть континентального склона	Наиболее отдаленная от береговой линии часть континентального склона, в R_3 и V_2 – «приостроводужная» часть континентального склона
Вмещающие золотое оруденение породы	Углеродистые песчано-сланцевые отложения раннего протерозоя и пурпольской свиты раннего рифея		Углеродистые песчано-сланцевые отложения среднего рифея – венда	Углеродистые песчано-сланцевые отложения среднего рифея – венда	Углеродистые песчано-сланцевые отложения раннего рифея – венда, граниты витимского и конкудеро-мамаканского комплексов
Уровень регионального метаморфизма	Зоны хлорита и биотита		От зоны хлорита с «затеканием» зоны биотита по зонам рассланцевания до амфиболитовой фации	Зона хлорита	От зоны хлорита до амфиболитовой фации

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
Взаимоотношение оруденения с эродированными или скрытыми реоморфизованными массивами дорифейских гранитоидов	Располагаются на периферии реоморфических гранитных куполов	Явных нет	Располагаются в надкупольном пространстве реоморфических гранитных куполов	В ряде случаев располагаются на периферии реоморфических гранитных куполов
Зона «влияния» пограничного Абчадско-Право-Мамаканского разлома		Нет		Максимальное проявление синскладчатых золотоносных гидротермально-метасоматических процессов в участках изгибания разлома
<i>Элементы сходства</i>				
Типы оруденения	Золото-кварцевый, сульфидно-золото-кварцевый, золото-кварц-сульфидный			
Уровень синскладчатого метаморфизма	Зона хлорита			
Наличие синхронных линейной складчатости зон С-флюидного метасоматоза	Интенсивно проявлен – позднерифейские и синхронные линейной складчатости зоны бурошпатизации	Интенсивно проявлен – синхронные линейной складчатости зоны бурошпатизации		
Взаимоотношение с интрузиями гранитоидов конклюдеро-мамаканского комплекса	Предполагаются на глубине в корневых частях реоморфических гранитных куполов	Оруденение локализуется в надынтризивных или «меж-интризивных» зонах куполов	Предполагаются на глубине нескольких километров в корневых частях реоморфических гранитных куполов	Оруденение локализуется в надынтризивных, «межинтризивных» зонах, апикальных частях массивов
Морфология рудных зон	Сульфидно-кварцевые жильно-прожилковые зоны	Залежи кварц-сульфидные и сульфидно-кварцевые, жильно-прожилковые зоны	Жильно-прожилковые зоны, залежи сульфидно-кварцевые	Жильно-прожилковые зоны, зоны скарнирования и березитизации, кварц-карбонатные метасоматиты
Типы окolorудных процессов	Серцитизация, бурошпатизация, хлоритизация			
	Серцитизация, бурошпатизация, хлоритизация, березитизация			

2. Условия формирования разномасштабных месторождений и рудопроявлений рудного золота в Байкало-Патомской провинции

Этапы золотого рудообразования	Основные рудоконтролирующие геологические образования и процессы	Масштабы объектов			
		Месторождения		Рудопроявления и зоны с бедным оруденением	
		крупные	средние и мелкие		
I – консиди-ментационный	Флишеидные углеродистые толщи	Свиты – михайловская, бужуйхинская, хомолхинская, аунакитская, догалдынская	Все стратиграфические подразделения R ₁ -V ₂ и PR ₁		
II – линейного складкообразования	Зоны расслаивания и бурошпатизации над продольными разломами фундамента	Вертикальная амплитуда разломов фундамента, км	>2–3	0,5–2	>0,5
	Секущие разломы фундамента	Амплитуда перемещений >1–2 км	Амплитуда перемещений <1 км		
III – регионального метаморфизма	Синскладчатый метаморфизм зоны хлорита	Характерен	Интенсивность может варьировать		
	Периферия гранитоидных структур с активизацией расслаивания в рудоконтролирующих зонах бурошпатизации	Ближняя периферия, интенсивная активизация	Отдаленная периферия и слабо проявленная активизация		
IV – гранитоидного магматизма	Активизация зон расслаивания с усилением складчато-разрывных деформаций в крупных продольных разломах фундамента или в деформируемом чехле над ними	Высокоинтенсивная с образованием зон смятия мощностью до 100–500 м	Интенсивная с мощностью зон смятия до 100 м		
	Активизация секущих разломов фундамента, деформирующих линейные складки и контролирующих гранитоидный магматизм и гидротермально-метасоматические процессы	Проявлена в виде значительного искривления осей складок и шарниров, жил и прожилков	Проявлена в виде искривления осей складок и шарниров, иногда прожилков кварца		
	Периферия надынгузивных зон (в том числе реоморфических гранитных куполов) с проявлением гидротермально-метасоматических процессов	Установлена по геолого-геофизическим данным	Предполагается по геофизическим данным		
	Уровень сингранитного метаморфизма	PT условия зоны хлорита	-		

Примечание. Примеры месторождений: крупные – Сухой Лог, Вернинское, Высочайшее (с учетом эродированности), Чертово Корыто (с учетом эродированности), Невское, Верхне-Угаханское, Светловское, Атырканское (потенциальные); средние – Ожерелье, Вьканское, Копыловское, Кавказ, Догалдынская Жила, Ходоканское, и др.

того оруденения БППр обусловлено его приуроченностью к тем или иным стратоевровням (из двенадцати установленных – от раннего протерозоя и раннего рифея до венда включительно), положением в геологической структуре региона, характером проявления процессов складчатости, метаморфизма, гранитообразования и спецификой рудоподготовительного и рудного метасоматоза (см. рис. 1, 2).

Выделение различных обстановок основывается, прежде всего, на следующих особенностях месторождений:

приуроченности к определенным уровням рифейско-вендского разреза, т.е. вмещающим породам особого состава;

расположении в разных структурно-фациальных зонах рифейско-вендского седиментационного этапа (грабен-структуры, различные части шельфа и континентального склона);

положении в основных структурах региона, сформированных в рифейско-палеозойский тектономагматический цикл, – антиклинориях, синклинориях, пограничных «вертикальных» и «горизонтальных» структурах.

По имеющимся данным и степени изученности первостепенная роль в локализации золотого оруденения в силу различных объективных и субъективных причин отводится структурным особенностям (пликативным и разрывным). Они хорошо изучены, классифицированы и закартированы. Другие данные – состав, строение, фациальные условия накопления и геохимические особенности вмещающих золотое оруденение пород – изучены недостаточно. Их роль в рудообразовании, скорее, декларируется, чем аргументируется фактическим материалом – таков путь познания золотоносности региона.

Выявление разных обстановок формирования золотого оруденения позволяет впервые обосновать перспективность значительной территории БППр на открытие промышленных месторождений рудного золота и определить специфику проведения прогнозных и поисковых работ.

В пределах провинции выделены четыре обстановки золотого рудообразования, для которых структурные факторы (складчатость, разрывные нарушения, гранитные купола) являются определяющими (табл. 1; см. рис. 1, 2):

складчато-разрывных пограничных (фундамент – чехол) комплексов (Кевактинская) в по-

родах раннепротерозойского фундамента и нижнерифейских отложениях на периферии реоморфических гранитокупольных структур (Тонодский, Нечерский, Верхне-Ленский рудные районы);

линейных складчато-разрывных комплексов (Бодайбинская) в верхнерифейско-вендских толщах с проявлением регионально-метаморфических, структурно-тектонических и вещественных преобразований на периферии гранитогайсовых куполов, в надынрузивных и околоинрузивных зонах палеозойских гранитных массивов (Бодайбинский и Синюгинский);

линейных складчатых комплексов (Дальнетайгинская) в среднерифейских и средне-верхнерифейских отложениях в надкупольных зонах реоморфических гранитоидных куполов (Патомо-Нечерский);

складчато-разрывных «пришовных» комплексов (Додыхтинско-Уряхская) в среднерифейско-вендских отложениях и позднепалеозойских гранитоидах в зоне деформаций глубинного разлома, разделяющего структуры Байкало-Патомской провинции и Байкало-Муйского пояса (Додыхтинско-Уряхский).

Условия формирования разномасштабных месторождений золота в рифейско-палеозойских породах. Золоторудная минерализация формировалась длительно, на каждом этапе вносился определенный вклад в ее локализацию и концентрирование. Анализ материалов по разноранговым золоторудным месторождениям показал, что для формирования промышленных объектов необходимо проявление всех четырех этапов. Масштабы месторождений определяются спецификой и интенсивностью процессов на каждом из них. Непромышленные рудные объекты, зоны с бедным оруденением или рассеянной минерализацией формируются в условиях слабого проявления процессов всех этапов или отсутствия каких-либо из них (табл. 2) [14, 15].

Методика поисков золоторудных месторождений в сложных ландшафтных условиях. Геологоразведочные работы включают ряд стандартных стадий, из них к первоначальным относятся металлогенический анализ геолого-геофизических и геохимических материалов, прогнозирование на их основании территории под поисковые работы и поисковые работы.

Металлогенический анализ и прогнозирование. Приоритетным направлением металлогене-

нического анализа была расшифровка факторов рудоконтроля для каждого этапа рудообразования и их сочетаний. Перспективные на золотое оруденение рудные узлы и поля оконтуривались с учетом наличия рудоконтролирующих синскладчатых зон расланцевания и проявления в последних интенсивных золотоносных метасоматических процессов (железomagнезиальной карбонатизации и пиритизации). Они устанавливались по комплексу геологических, геофизических, геохимических, космогеологических, геоморфологических и других данных.

Собственно перспективные участки в рудоконтролирующих зонах выделялись в узлах их деформации разломными и купольными структурами регионального метаморфического и сингранитного этапов в пределах благоприятных по литологическому составу пород. Значительная роль отводилась также анализу материалов по россыпной золотоносности (размерность, морфология, пробность, цвет и другие физические особенности золота, линейная продуктивность россыпей, геологическое строение коренного плотика, результаты литохимического опробования по первичным ореолам коренных пород плотика и др.).

Анализ геолого-геофизической и геохимической информации в целях выделения локальных перспективных участков осуществлялся с учетом того, что отрицательные результаты предшествующих поисков рудных объектов на ряде участков могли быть обусловлены, во-первых, плохой обнаженностью территории (и, прежде всего, рудных зон), во-вторых – приоритетом поисковой значимости вторичных ореолов рассеяния, полученных при опробовании поверхности.

Поисковые работы. Необходимость разработки эффективной методики поисков в Бодайбинском рудном районе вызвана тем, что выделенные в результате металлогенического анализа и прогнозной оценки перспективные участки в пределах потенциальных рудоконтролирующих структур в бассейнах рек с высокопродуктивными россыпями золота располагались на территориях с полной или значительной закрытостью склонов и водоразделов и развитием многолетнемерзлых моховых и гумусово-торфяных слоев большой мощности. В таких условиях невозможно проводить качественное литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния, в геологических маршрутах трудно «добыть» какой-либо каменный материал из делювия. Поэтому

предшествующие геологические и геохимические исследования не позволили выявить поисковые признаки золотого оруденения, и эти площади относились к бесперспективным.

Разработанная методика основана на комплексировании известных с древних времен методов и способов изучения делювиально-элювиальных отложений для поисков месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых (золота, касситерита и др.), охарактеризованных во многих учебных пособиях и ряде методических руководств. Она объединяет следующие методы: обломочный (оконтуривание делювиальных свалов рудных тел), копушения, минералогический (+минералого-геохимический), литохимический. Для их применения нужно было обеспечить профильную или площадную обнаженность делювиальных отложений, что и было сделано с помощью горных выработок и скважин.

На начальных стадиях изучения перспективных участков в элювиальных и делювиально-солифлюкционных отложениях проходились шурфы глубиной 1 м (и более) с несколькими видами опробования (шлиховое, точечное, литохимическое по первичным и вторичным ореолам рассеяния). На залесенных, задернованных, заболоченных, закрытых курумными развалами склонах и водоразделах задавались бульдозерные канавы глубиной до 1 м и более с последующей проходкой в интервалах проявления рудоносных процессов шурфов с комплексным опробованием и локализацией контрастных шлиховых и литохимических ореолов для последующего их изучения канавами. На участках с повышенной мощностью делювиально-солифлюкционных отложений (до 10–25 м) для определения выходов на поверхность коренных пород минерализованных и рудных зон оказалось эффективным ударно-канатное и пневмоударное бурение [14, 16].

Основная цель проходки шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м и буровых скважин – выявление в делювиально-солифлюкционных отложениях информативного слоя, содержащего обломки гидротермально измененных и рудоносных пород, его шлиховое и литохимическое по первичным и вторичным ореолам рассеяния опробование. В связи с этим в большинстве случаев на первом этапе изучения отсутствует необходимость «добивки» до коренных пород шурфов и бульдозерных канав глубиной до 1 м, что значительно ускоряет

и удешевляет процесс поисков. Конечная цель проходки шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м – оконтуривание выхода золотоносных зон на поверхности коренных пород для дальнейшего целенаправленного изучения минимальным объемом канав и скважин. В последние годы эта методика успешно применена сотрудниками ЦНИГРИ при работах в сложных ландшафтных условиях на Енисейском кряже и в Центрально-Колымском районе.

В настоящее время ЦНИГРИ выполняет работы по государственным контрактам «Поисковые работы на большеобъемное золотое оруденение, локализованное в углеродисто-терригенных комплексах в пределах Енисейской, Байкало-Патомской и Верхояно-Колымской золоторудных провинций» и «Поисковые работы на рудное золото в углистых карбонатно-терригенных комплексах южной части Бодайбинского рудного района (Иркутская область)». Их завершение запланировано на 2015 г. В ходе выполнения данных работ продолжается исследование закономерностей формирования золотого оруденения в терригенных и карбонатно-терригенных комплексах. Его цель – уточнение геолого-поисковых моделей рудных районов, рудных узлов, рудных полей и месторождений; выявление новых критериев прогноза и поисков; совершенствование методики проведения прогнозных, поисковых и оценочных работ. Полученные материалы свидетельствуют о том, что новые подходы к прогнозированию и поискам в регионах развития терригенных и карбонатно-терригенных комплексов должны привести к выявлению новых золоторудных месторождений разных рангов.

В заключение отметим, что новые подходы к прогнозированию и поискам месторождений золота требуются и при изучении иных формационных типов. Это касается объектов золото-медно-порфировых и золото-порфировых типов, особенно золото-серебряных в вулканогенных областях, которые характеризуются богатыми и высокотехнологичными рудами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ажгирей Д.Г.* Типовые модели строения и условий формирования золоторудных полей и месторождений в углеродисто-терригенных толщах Южного Тянь-Шаня // Тр. ЦНИГРИ. 1986. Вып. 212. С. 55–60.
2. *Гаврилов А.М., Новожилов Ю.И.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
3. *Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба / М.И.Кузьмин, В.В.Ярмолюк, А.И.Спиридонов и др. // ДАН. 2006. Т. 407. № 6. С. 793–797.*
4. *Геолого-генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах / Н.К.Курбанов, Ч.Х.Арифюлов, П.Г.Кучеревский и др. // Руды и металлы. 1994. № 2. С. 55–69.*
5. *Геохронологическое и изотопно-геохимическое изучение золоторудных месторождений Байкальской складчатой области / Л.А.Неймарк, Е.Ю.Рыцк, Б.М.Гороховский и др. // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. М., 1993. С. 124–146.*
6. *Геохронология и возможные источники рудного вещества крупнейшего месторождения Сухой Лог: результаты изотопных исследований / Н.П.Лаверов, И.В.Чернышев, В.В.Дистлер и др. // Изотопное датирование геологических процессов. М., 2000. С. 211–214.*
7. *Докембрий Патомского нагорья / А.И.Иванов, В.И.Лифшиц, О.В.Перевалов и др. – М.: Недра, 1995.*
8. *Золоторудное месторождение Сухой Лог – переоценка и оценка прогноза рудного поля и района / И.Ф.Мигачев, И.А.Карпенко, А.И.Иванов и др. // Отечественная геология. 2008. № 2. С. 55–67.*
9. *Золоторудные месторождения СССР. Т. 1–5. – М.: Недра, 1984–1990.*
10. *Иванкин П.Ф., Иншин П.В., Назарова Н.И.* Формы переноса и условия отложения золота в «черносланцевых» зонах (в связи с задачами поиска и оценки месторождения) // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 184. С. 71–97.
11. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района // Изв. СО РАН. Секция наук о Земле. Иркутск, 2005. Вып. 2. С. 37–49.
12. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. 2004. № 8–9. С. 17–23.
13. *Иванов А.И.* Закономерности формирования линейной складчатости северной части Байкало-Патомского нагорья: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Иркутск, 1984.

14. *Иванов А.И.* Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014.
15. *Иванов А.И.* Золотоносность Байкало-Патомской металлогенической провинции: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – М., 2010.
16. *Иванов А.И.* Опыт прогнозирования, поисков и оценки новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 11–16.
17. *Иванов А.И.* Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района // Руды и металлы. 2008. № 3. С. 43–61.
18. *Иванов А.И.* Основные этапы рудообразования и металлогеническое районирование северной части Байкало-Патомского нагорья // Тез. докл. XI Всесоюзного металлогенического совещания «Металлогения Сибири». Новосибирск, 1987. Т. II. С. 87–88.
19. *Иванов А.И.* Рудоносность глубинных разломов Байкало-Патомского нагорья // Тез. докл. Всесоюзного совещания «Эндогенные процессы в зонах глубинных разломов». Иркутск, 1989. С. 222–224.
20. *Иванов А.И., Рязанов Г.В.* Структурно-кинематический анализ Патомского прогиба. – Новосибирск: Наука, 1992.
21. *Карпенко И.А., Черемисин А.А., Куликов Д.А.* Морфология, условия залегания и внутреннее строение рудных тел на месторождении Сухой Лог // Руды и металлы. 2008. № 2. С. 11–26.
22. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
23. *Кривцов А.И., Нарсеев В.А.* Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы // Советская геология. 1983. № 1. С. 17–27.
24. *Курбанов Н.К.* Особенности формирования экзогенно-эндогенных месторождений благородных металлов в углеродисто-терригенных комплексах // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 219. С. 13–14.
25. *Курбанов Н.К.* Полигенно-полихронные месторождения золота // Смирновский сборник–99: Научно-популярный альманах. М., 1999. С. 144–197.
26. *Курбанов Н.К., Дзялошинский В.Г.* Особенности условий локализации золотого оруденения в терригенных комплексах срединного Тянь-Шаня // Тр. ЦНИГРИ. 1986. Вып. 212. С. 3–5.
27. *Ленский* золотоносный район / Ю.П.Казакевич, С.Д.Шер, Т.П.Жаднова и др. // Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 85. Т. 1.
28. *Лишневецкий Э.Н., Дистлер В.В.* Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 88–104.
29. *Методика* крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / Отв. ред. И.Ф.Мигачев, М.М.Константинов. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
30. *Методика* локального прогноза скрытых месторождений золота и серебра / Отв. ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
31. *Методика* поисков золоторудных месторождений / Отв. ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1990.
32. *Мигачев И.Ф., Карпенко И.А., Петраш Н.Г.* Об актуальности и основных аспектах глубокой переоценки крупных и уникальных рудных месторождений // Руды и металлы. 2008. № 2. С. 5–10.
33. *Михайлов Б.К., Волков С.В.* Геологоразведочная служба и перспективы развития золоторудного минерально-сырьевого комплекса Магаданской области // Колыма. 2000. № 1.
34. *Михайлов Б.К., Волков С.В., Кимельман С.А.* Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы – основа экономики будущего Магаданской области // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Магадан, 2001.
35. *Михайлов Б.К., Прусс Ю.В., Волков С.В., Стружков С.Ф.* Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы – объекты XXI века. // Золотодобывающая промышленность России. Проблемы и перспективы. М., 2001. С. 23–28.
36. *Многофакторные* поисковые модели золоторудных месторождений / М.М.Константинов, В.А.Нарсеев, Ч.Х.Арифуров и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
37. *Немеров В.К., Семейкина Л.К., Спиридонов А.М.* Наиболее вероятные сценарии рудогенеза в углеродистых осадочных формациях // Мат-лы научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд». Иркутск, 2005. Т. 1. С. 86–88.
38. *Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных комплексах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.

39. *Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе* / В.Л.Русинов, О.В.Русинова, С.Г.Кряжев и др. // Геология рудных месторождений. 2008. Т. 50. № 1. С. 3–46.
40. *Основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах* / В.А.Нарсеев, А.А.Сидоров, Н.А.Фогельман и др. – М.: ЦНИГРИ, 1986.
41. *Прогнозирование и поиски месторождений золота* / В.А.Нарсеев, Н.К.Курбанов, М.М.Константинов, С.С.Вартанян и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
42. *Прогнозно-поисковые комплексы*. Вып. XII. Комплексование работ по прогнозу и поискам золоторудных месторождений в терригенных комплексах. Методические рекомендации. – М.: ЦНИГРИ, 1984.
43. *Рундквист Д.В.* Особенности геологического развития байкалит // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М., 1990. С. 44–65.
44. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д.* Минерагения пассивных окраин континентов и шельфов окраинных морей // Минерагения осадочных бассейнов континентов и периконтинентальных областей. М., 1998. С. 314–424.
45. *Сафонов Ю.Г.* Золоторудные и золотосодержащие месторождения мира – генезис и металлогенический потенциал // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 305–320.
46. *Шер С.Д.* Металлогения золота. – М.: Недра, 1974.
47. *Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района* / И.К.Рундквист, В.А.Бобров, Т.Н.Смирнова и др. // Геология рудных месторождений. 1992. № 6. С. 3–15.
48. *Этапы формирования крупномасштабной благороднометальной минерализации месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь): результаты изотопно-геохронологического изучения* / Н.П.Лаверов, И.В.Чернышев, А.В.Чугаев и др. // ДАН. 2007. Т. 415. № 2. С. 236–241.
49. *Яновский В.М.* Основные особенности месторождений золото-углеродистой формации // Тр. ЦНИГРИ. 1981. Вып. 165. С. 35–42.
50. *Яновский В.М.* Рудоконтролирующие структуры терригенных миогеосинклиналей. – М.: Недра, 1990.
51. *Яновский В.М., Фельдман А.А.* Модель глубинного строения золоторудного района в терригенном комплексе // Условия образования и размещения золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск, 1975.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ГОРНЫХ ПОРОД, РУД И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ПРИ ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ГРР НА БЛАГОРОДНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Мандругин Алексей Вадимович
dnms@tsnigri.ru

Седельникова Галина Васильевна
gsedelnikova@mail.ru

Кузнецов Александр Петрович

Пучкова Татьяна Владимировна

Серебряный Борис Львович

Симакова Людмила Германовна

Гума Владимир Игоревич

Разработаны современные методики анализа благородных и цветных металлов в минеральном сырье: пробирное определение золота (щелочная тигельная плавка), масс-спектрометрическое и атомно-эмиссионное с индуктивно связанной плазмой с предварительным пробирным концентрированием золота, серебра и платиновых металлов на свинцовый коллектор или никелевый штейн, пробирно-рентгенофлуоресцентное определение золота, прямое рентгенофлуоресцентное определение серебра, атомно-эмиссионное с индуктивно связанной плазмой определение цветных металлов. Изготовлены стандартные образцы состава золотосодержащей руды в диапазоне содержащий 2,3–25,3 г/т золота. Выполнена метрологическая аттестация методик и стандартных образцов.

Ключевые слова: анализ, проба, золото, платиновые и цветные металлы, методика, пробирная плавка, масс-спектрометрия и атомная эмиссия с индуктивно связанной плазмой, рентгенофлуоресценция, стандартные образцы.

MODERN TECHNIQUES AND METHODS OF THE GEOLOGICAL MATERIALS ANALYSIS FOR PRECIOUS AND BASE METALS

A.V.Mandrugin

G.V.Sedelnikova

A.P.Kuznetsov

T.V.Puchkova

B.L.Serebryany

L.G.Simakova

V.I.Guma

TsNIGRI developed modern analytical methods oriented at geological materials: Au fire assay (alkaline melting crucible), ICP-MS and ICP-OESA determination of Au, Ag, and PGM with pre-concentration (Pb collector or Ni matte), Au fire assay with XRF ending, direct XRF determination of Ag, and ICP-OESA determination of base metals. Reference samples containing 2,3–25,3 ppm Au are manufactured. Official registration of methods and reference samples is carried out.

Key words: analysis, sample, gold, base and platinum group metals, method, ICP-MS, ICP-OESA, XRF, reference sample.

Получение достоверных данных по определению содержания компонентов в минеральном сырье является основной задачей аналитических исследований при лабораторно-аналитическом сопровождении геологоразведочных работ (ГРР). В отделе аналитических исследований и

действующем на его базе Аналитическом Центре ЦНИГРИ проводятся исследования по определению химического состава минерального сырья (горные породы, руды и технологические продукты их переработки) в процессе лабораторно-аналитического сопровождения ГРР на бла-

городные и цветные металлы. Высокое качество работ Аналитического Центра обеспечивается на основе создания и применения современных методик химического анализа, изготовления и использования в системе внутреннего контроля стандартных образцов, а также регулярного участия в межлабораторных сличительных экспериментах для подтверждения и профессиональной компетентности.

Центр выполняет анализы проб по внутренним заказам института и внешним заявкам. Пробы на разные виды анализа (рядовой, внешний контрольный, арбитражный, сертификационный, аттестация стандартных образцов состава) поступают из разных регионов России: Дальний Восток, Иркутская область, Башкирия, Пермский и Красноярский края, Кавказ и др. Результаты аналитических работ используются при обосновании продолжения ГРП, оценке прогнозных ресурсов, подсчете запасов полезных ископаемых и разработке технологии переработки руд. Большой выбор применяемых методик анализа, опыт и высокая квалификация сотрудников позволяют рекомендовать заказчикам и использовать в аналитической практике методы, в максимальной степени учитывающие индивидуальные особенности химического и минерального состава сырья и продуктов его переработки, и получать достоверные результаты анализа.

Пробирный анализ. Классический пробирный анализ с весовым окончанием и комбинированные методы на основе пробирного концентрирования относятся к наиболее востребованным при производстве ГРП на благородные металлы.

Пробирная лаборатория института – одна из старейших в России с большим опытом работы в области пробирного анализа руд и технологических продуктов на содержание благородных металлов. В практике массового анализа применяются два типа коллекторов: свинцовый сплав и никелевый штейн. Одновременное использование их в одной лаборатории существенно расширяет ее аналитические возможности. Во-первых, это обеспечивает внутренний контроль качества анализов путем получения и сравнения двух независимых результатов из представительных навесок. Такой вариант часто востребован, когда отсутствуют стандартные образцы состава, представляющие данный тип руды или месторождения. Во-вторых, методы дополняют друг друга, появляется возможность выбора оп-

тимального варианта анализа, исходя из типа анализируемого объекта и набора определяемых элементов. Например, при многоэлементном анализе сульфидных руд, в том числе медно-никелевых, целесообразно применение метода с предварительной плавкой на никелевый штейн. А при анализе кварцевых руд на содержание Au эффективно коллектирование в свинцовый сплав с последующим гравиметрическим или атомно-абсорбционным окончанием анализа. В первом случае при анализе сульфидной медно-никелевой руды коллектирование в свинцовый сплав затруднено и может потребовать двух дополнительных операций – предварительного окислительного обжига пробы перед плавкой и шерберной плавки свинцового веркблея (коллектора) для его очистки от примесей Ni и Cu. Отметим, что ЦНИГРИ – практически единственная организация в России, применяющая собственные методики анализа с использованием как свинцового, так и сульфидного никелевого коллекторов, аттестованные в ранге отраслевых.

Щелочная пробирная плавка на благородные металлы. Традиционный пробирный метод с плавкой на свинцовый сплав и гравиметрическим окончанием анализа широко распространен и является надежным способом определения содержания Au в рудах разнообразного типа. По результатам такого анализа произведен подсчет запасов большинства золоторудных месторождений. Однако возникают сложности при анализе проб сложного состава, обусловленные неполным их разложением. В целях совершенствования методики пробирного анализа в институте были выполнены исследовательские работы, в частности предложена методика щелочной тигельной плавки и щелочной очистки веркблеев от примесей неблагородных металлов.

Суть щелочной тигельной плавки состоит в использовании щелочи (гидроксида Na или K) в качестве основного компонента шихты (наряду с глетом и восстановителем). Для стабилизации процесса плавки необходимым компонентом шихты служит бура. Низкая температура плавления и высокая реакционная способность щелочи позволяют значительно сократить время плавки или проводить ее при более низкой температуре. Способ щелочной тигельной плавки защищен патентом РФ [16], на его основе разработаны и утверждены две отраслевые методики анализа для определения Au в рудах [1, 2].



Пробирная плавка

Способ щелочной окислительной очистки свинцового веркблея от примесей неблагородных металлов основан на плавке веркблея в тигле из нержавеющей стали со щелочью, к которой добавлено определенное количество селитры (нитрата Na или K). В ходе плавки происходит быстрое окисление части свинца и примесей неблагородных металлов. Данный метод является альтернативой традиционно применяемой шерберной плавки. Он эффективен для очистки свинцового сплава от примесей Ni, Sb, Sn и в меньшей степени Cu. Преимущества предложенного способа щелочной окислительной плавки перед шерберованием состоят в более низкой температуре (650 вместо 950°C) и сокращении времени процесса, а также возможности многократного применения тиглей из нержавеющей стали.

Комбинированные методы определения благородных металлов на основе пробирного концентрирования. Известно, что к недостаткам пробирного анализа с гравиметрическим окончанием относятся высокая нижняя граница определяемых содержаний Au (0,2 г/т) и невозможность его проведения в присутствии платиновых металлов. Оба эти недостатка устраняются путем сочетания пробирного концентрирования и последующего анализа коллектора физико-химическими и физическими методами.

В настоящее время комбинированные методы анализа бедных продуктов при определении содержания благородных металлов с предварительным пробирным концентрированием признаны наиболее перспективными. Такие методики

обладают принципиально новыми возможностями, поскольку сочетают достоинства пробирных и инструментальных методов и практически устраняют их недостатки. Пробирная плавка обеспечивает представительность пробы за счет использования навесок 30–50, а при необходимости – до 100 г. В результате существенно уменьшается погрешность результатов, связанная с неоднородностью распределения определяемых элементов в образце, что особенно важно при анализе геологических проб на золото. Пропорционально увеличению массы навески снижается нижняя граница определяемого содержания. После пробирной плавки дальнейший анализ минерального сырья разнообразного химического и минерального составов сводится к анализу однотипного пробирного коллектора – свинцового сплава, серебряного королька или никелевого штейна, матрица которых достаточно постоянна и проста. Это позволяет получить аналитический раствор с минимумом примесей и по существу устранить влияние химического состава проб на результат измерения. Для анализа таких растворов пригодны по своим характеристикам практически все современные методы измерений. Выбор метода зависит от поставленной аналитической задачи, наличия оборудования и методик.

Пробирно-атомно-абсорбционный анализ на золото. Для определения содержания Au в процессе поиска и разведки месторождений, при подсчете запасов много лет эффективно применяется методика пробирно-атомно-абсорбционного анализа. Она основана на пробирном концентрировании Au в свинцовый веркблей, полном купелировании веркблея до серебряного королька, растворении королька в небольшом дозированном объеме кислот и определении Au в растворе атомно-абсорбционным методом с пламенной атомизацией. Серебряный корольек получают из серебра пробы, при недостатке которого в шихту добавляют примерно 10 мг серебра, как правило, в виде смеси нитрата Ag с кальцинированной содой. В отрасли имеется методика пробирно-атомно-абсорбционного определения Au с концентрированием в серебряный корольек [3], однако она не актуализирована и аттестована в узком диапазоне содержания Au 0,1–10 г/т. Усовершенствование данной методики в Аналитическом Центре ЦНИГРИ позволило улучшить ее показатели и снизить нижнюю границу определения Au до 0,01 г/т.

Пробирное концентрирование платиновых металлов в свинцовый коллектор. Из литературных данных [9, 10] известно о возможности количественного коллектирования Au, Ag и всех платиновых металлов пробы в свинцовый сплав. Масса коллектора обычно составляет 25–40 г, поэтому его химическая подготовка затруднена. Для уменьшения массы коллектора применяют метод купелирования. Было установлено, что поведение благородных металлов в процессе купелирования различно. Au, Ag, Pt и Pd концентрируются в серебряном корольке вплоть до полного удаления свинца. Os начинает теряться уже на начальном этапе купелирования. Rh, Ir и Ru количественно сохраняются в свинце до тех пор, пока масса свинца превышает 0,05–0,1 г. На заключительной стадии купелирования наблюдаются потери этих металлов, что не позволяет реализовать количественное их определение из серебряного королька. При анализе сокращенных свинцовых сплавов массой 0,1 г значительные сложности вызывает полное переведение в раствор Ir и Ru.

В связи с изложенным на практике нашли применение комбинированные методы с плавкой на свинцовый сплав и концентрированием в серебряный корольек при определении содержания Pt, Pd и Au и в сокращенный свинцовый корольек массой около 0,1 г при определении тех же элементов и Rh. Корольек растворяют в кислотах (азотной и соляной) и измеряют в полученном аналитическом растворе содержание определяемых элементов одним из известных физико-химических методов.

Следует отметить, что распространенный в 60–90-е годы прошлого века метод атомной абсорбции в настоящее время потерял свое значение для определения содержания платиновых металлов из-за недостаточной чувствительности и производительности, а также появления качественно новых средств измерений. Из них можно назвать атомно-эмиссионный и масс-спектрометрический методы с индуктивно связанной плазмой, которые востребованы в крупных аналитических центрах в связи с их уникальными характеристиками: высокими чувствительностью и селективностью, широким диапазоном линейности и возможностью одновременного определения большого спектра элементов.

Пробирно-масс-спектрометрическое с индуктивно связанной плазмой определение Au и платиновых металлов. Практическое при-

менение масс-спектрометрического метода с индуктивно связанной плазмой в ЦНИГРИ начато в 2001 г. Это позволило решать ряд важных для геологоразведки и технологических исследований аналитических задач, в том числе определять содержания платиновых металлов в бедных и особо бедных материалах – горных породах и убогих рудах. В процессе разработки методик выбраны состав шихты, условия пробирного концентрирования и масс-спектрометрического измерения. Для определения содержания Au, Pt и Pd производились предварительное пробирное концентрирование с плавкой на свинцовый сплав и его полное купелирование до серебряного королька [4] и неполное купелирование до свинцового королька массой 0,05–0,2 г для определения указанных элементов и Rh [14]. Режим измерения относительный с применением внутренних стандартов, в качестве которого рекомендован индий (^{113}In). Наименьшие определяемые содержания Pt и Pd составляют 0,00n г/т, Au 0,01 г/т и более в зависимости от значения поправки холостого опыта, вызванного, в первую очередь, наличием Au в глете (оксид свинца), используемом для получения коллектора при тигельной плавке.

Пробирно-атомно-эмиссионное с индуктивно связанной плазмой определение Au, Pt и Pd. Атомно-эмиссионный метод с индуктивно связанной плазмой отличается от масс-спектрометрического более высокой точностью измерений и линейностью градуировочных характеристик в области высоких концентраций, но более низкой чувствительностью. Исследовано влияние на результаты измерений кислотности растворов, концентрации в них Ag. Выбраны аналитические линии и способы учета фона. Рекомендован режим измерений с использованием внутренних стандартов. Разработанная методика с пробирным концентрированием в серебряный корольек и атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой определением в растворе аттестована для анализа руд и технологических продуктов, содержащих Pt, Pd и Au в диапазоне 0,02–500 г/т [5].

Пробирно-рентгенофлуоресцентное определение Au, Pt и Pd. Все известные инструментальные методы анализа в основном предусматривают измерение содержания благородных металлов в растворах. В 50–90-е годы прошлого века для анализа серебряных корольков без их растворения на содержание Pt, Pd, Au и (полуколичественно) Rh широко применялся спектральный эмиссионный



Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

(дуговой, искровой) метод с фотографической, затем при переходе на квантометры фотоэлектрической регистрацией спектров. В настоящее время метод практически не используется. Но очевидно, что анализ корольков без их растворения имеет определенные преимущества, реализованные в разработанном ЦНИГРИ методе рентгенофлуоресцентного серебряного анализа королька.

При создании методики пробирно-рентгенофлуоресцентного анализа нами выполнен комплекс исследований по выбору условий пробирного концентрирования с получением корольков оптимального для рентгенофлуоресцентного анализа состава по определяемым и «мешающим» элементам. Изучено их распределение в серебряной матрице, подобраны режимы регистрации рентгеновских спектров и способ обработки результатов измерения. Показано, что полученный только из благородных металлов пробы корольков может оказаться маленьким, хрупким и неоднородным, и дальнейшая работа с ним будет затруднена. Поэтому в шихту добавляли серебро при его недостатке в пробе для получения королька массой от 5 до 10 мг. При типичной для бедных проб навеске 50 г коэффициент

концентрирования благородных металлов при тигельной плавке и купелировании достигал 10^4 .

Максимальное содержание определяемых элементов в корольке ограничивали из-за физико-химических свойств образующегося сплава. С золотом, а также палладием серебро образует непрерывный ряд твердых растворов. Эти элементы имеют не только одинаковый тип, но и близкие параметры кристаллической решетки. Поэтому, с точки зрения однородности сплава, содержание Au и Pd в корольке не критично. С платиной серебро образует ограниченные твердые растворы с содержанием Pt до 20% (по массе) [17]. Наличие в рудах Rh, плохо растворимого в серебре, повышает температуру плавления королька и приводит к его неоднородности и хрупкости. В этом случае для получения однородного сплава содержание Pt ограничили 2–8% от массы королька (в зависимости от ожидаемого соотношения Pt и Rh). При необходимости определения более высоких содержаний требуется увеличить добавки серебра. Полученные после купелирования серебряные корольки расплющивали на полированной наковальне, придавая им форму диска, диаметром 3–5 мм. Большие по массе корольки расплющивали, примерно соблюдая указанный диаметр.

Измерения проводились на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре ЭРА с Si(Li)-детектором и рентгеновской трубкой БС-1 с молибденовым анодом и системой коллиматоров первичного и вторичного излучений, обеспечивающих для рассматриваемой задачи достаточную контрастность.

Совместные с ФГУП «ВИМС» исследования обеспечили возможность определения содержания Au, Pt и Pd непосредственно из серебряного королька с точностью, удовлетворяющей требованиям III категории точности с нижней границей количественных определений 0,02 г/т [8, 18].

Пробирно-масс-спектрометрическое с индуктивно связанной плазмой определение благородных металлов с концентрированием в никелевый штейн. В настоящее время наиболее универсальным методом анализа горных пород, руд и технологических продуктов на содержание всех платиновых металлов и Au является пробирно-химико-масс-спектрометрический метод с предварительным пробирным коллектированием в никелевый штейн, позволяющий одновременно определять в штейне Ag методом атомной абсорбции. Метод основан на плавке при 1100°C

навески пробы с шихтой, в ходе которой происходят образование двух фаз – сульфидной (никелевый штейн) и оксидной (шлак), их ликвационное разделение с концентрированием всех благородных металлов в штейне.

Первоначально пробирная плавка на никелевый штейн в комбинации с методами атомной абсорбции и спектрального эмиссионного в варианте «просыпка» и «глобульная дуга» предлагалась для сульфидных медно-никелевых руд и бедных продуктов их переработки [11, 12, 13]. Позднее в ЦНИГРИ был выполнен комплекс работ по дальнейшему исследованию и усовершенствованию метода пробирно-химического концентрирования в сочетании с масс-спектрометрическим окончанием, определению его метрологических характеристик при анализе широкого круга образцов различных месторождений.

Основное отличие этого метода от плавки на свинцовый сплав состоит в использовании для коллектирования благородных металлов сульфидов Ni и Cu, источником которых может быть проба или никель- и серосодержащие компоненты, вводимые в шихту. При исследовании способов получения коллектора путем введения готового порошка сульфида никеля или сульфидирования никеля или оксида никеля элементной серой или сульфидами железа пробы найдены соотношения серы к никелю в шихте, оптимальные для полного извлечения всех благородных металлов в штейн и его отделения от шлака. Показано, что низкая воспроизводимость результатов определения Au и Ag, отмеченная на ранних этапах исследований, обусловлена повышенной растворимостью этих элементов в шлаках, содержащих сульфиды натрия и железа. Образования этих сульфидов и, соответственно, потерь Au и Ag в натриевых боросиликатных шлаках не наблюдалось при плавке на металлизированный никелевый штейн. Такой коллектор образуется при недостатке в шихте серы по сравнению с количеством, необходимым для образования сульфида никеля состава Ni_3S_2 . Такой коллектор и использовался в дальнейшей работе. Он представляет собой сплав сульфидов, преобладающим компонентом которого является сульфид никеля, и металлической фазы, в которой концентрируется основная часть благородных металлов. Определены оптимальные режимы плавки (температура, время, выход коллектора и др.), что позволило улучшить аналитические и технико-экономические характеристики метода.

Полученный штейн очищался от шлака, взвешивался и измельчался в течение 10–15 сек в вибрационной мельнице типа RS 200 производства фирмы Retsch, что существенно ускоряло его последующее растворение. Равномерное распределение благородных металлов по объему коллектора позволяет использовать для анализа лишь его часть.

Навеска штейна растворялась в соляной кислоте, при этом Ni и Cu штейна практически полностью переходили в раствор. Платиновые металлы и Au оставались в нерастворимом остатке, который растворяли в смеси соляной и азотной кислот, и в растворе определяли масс-спектрометрическим методом массовую концентрацию Pt, Pd, Rh, Ru, Ir и Au. В качестве внутренних стандартов использовали индий (^{115}In) для легких платиновых металлов, диспрозий (^{164}Dy) для остальных элементов, цезий (^{133}Cs) для контроля. Выбор внутренних стандартов осуществлялся по ряду критериев, в том числе по коэффициенту линейной корреляции между интенсивностями ионных потоков внутреннего стандарта и определяемого элемента при многократном измерении одного и того же раствора. Ag определялось атомно-абсорбционным методом из отдельной навески штейна после ее растворения в соляной и азотной кислотах непосредственно или с дополнительным концентрированием путем отделения основы штейна растворением в разбавленной серной кислоте. Методика аттестована в диапазоне содержания элементов, г/т: Pt 0,005–50, Pd 0,005–200, Rh 0,002–10, Ru 0,002–2, Ir 0,002–1, Au 0,002–10, Ag 0,5–200 [6].

Химико-масс-спектрометрическое с индуктивно связанной плазмой определение Au и платиновых металлов. При использовании большинства физико-химических методов анализа работают с растворами проб. Причем для благородных металлов, кроме атомно-абсорбционного определения Ag, требуется отделение определяемых элементов от макроосновы пробы. Даже масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой позволяет надежно определять платиновые металлы только после предварительного концентрирования. Атомно-абсорбционные методики определения Au и Ag хорошо известны и широко применяются, поэтому не будем на них останавливаться.

Методика химико-масс-спектрометрического с индуктивно связанной плазмой определения



Микроволновое разложение проб

Au и платиновых металлов основана на растворении навески пробы массой 5 г в царской водке, концентрировании благородных металлов путем соосаждения с теллуром и масс-спектрометрическом определении Au, Pt, Pd и Rh в растворе концентрата. Показано, что соосаждение с теллуром является эффективным методом концентрирования определяемых элементов даже при высокой концентрации макроэлементов в растворе и по простоте выполнения имеет преимущество перед сорбционными, ионообменными и другими методами концентрирования. Количественное определение Ir и Ru оказывается невозможным из-за сложности перевода этих металлов в раствор и недостаточно высокого извлечения их из него путем соосаждения.

Измерение элементов в растворе производится с внутренним стандартом для компенсации влияния теллура и остаточной концентрации макроэлементов в растворе. В качестве внутреннего стандарта используется индий (^{113}In). Методика химико-масс-спектрометрического с индуктивно связанной плазмой определения Au и платиновых металлов разработана и аттестована в области определяемых содержаний Au 0,005–10, Pt 0,005–10, Pd 0,005–20, Rh 0,002–2 г/т и утверждена в качестве стандарта предприятия [15].

Масс-спектрометрическое с индуктивно связанной плазмой приближенно-количественное определение элементного состава. Данная ме-

тодика предусматривает переводение в раствор навески пробы 0,1 г с применением системы микроволнового растворения проб (растворение пробы в автоклаве в микроволновой печи при повышенной температуре и давлении) и последующее измерение в полученном растворе всего спектра элементов в полуколичественном режиме. Устранение влияния состава проб (солевого эффекта) на результат измерения осуществляется за счет разбавления раствора пробы.

Предлагаемая методика позволяет определять в пробе до 70 элементов с чувствительностью на уровне n г/т. Ее недостаток – отсутствие контроля молекулярных наложений, что может быть существенно для золота и платиновых металлов в связи с их низкой распространенностью в природе.

Методика является серьезной альтернативой спектральному полуколичественному анализу, поскольку дает возможность определять значительно более широкий круг элементов с высокой чувствительностью. Она широко используется геологами института при геохимических и поисково-оценочных работах на объектах благородных и цветных металлов в качестве инструмента выявления элементов-спутников.

Химико-рентгенофлуоресцентное определение Au. С 2012 г. в ЦНИГРИ ведутся работы по нормативно-методическому обеспечению аналитического сопровождения ГРП на золото в условиях полевой лаборатории. Необходимость проведения таких работ связана с тем, что более ранние соответствующие методики определения Au устарели из-за снятия с производства волновых спектрометров, на применение которых они были рассчитаны.

Новая методика рентгенофлуоресцентного определения Au основана на использовании современного малогабаритного энергодисперсионного спектрометра РЛП-3 (производства ВНИИТФА) и не уступает по характеристикам методу пробирного анализа с весовым окончанием. За счет оптимизации режимов кислотного вскрытия пробы и экстракции Au из раствора твердым экстрагентом масса анализируемой пробы увеличена до 50 г. Растворение проб осуществляется с применением ультразвуковой активации, сокращающей продолжительность процесса растворения. Нижний предел количественного определения Au снижается до 0,1 г/т, что полностью удовлетворяет требованиям оперативного анализа при ГРП на золото. Разработанная методика

аттестована по III категории точности в интервале содержания Au 0,1–50 г/т и утверждена в качестве отраслевой [7].

Прямое рентгенофлуоресцентное определение Ag в дисперсных пробах. Анализ геологических проб золоторудных месторождений, как правило, наряду с Au, сопровождается определением Ag. В связи с этим в ЦНИГРИ разработана методика прямого рентгенофлуоресцентного определения содержания Ag в истертых пробах без какой-либо химической подготовки. Показано, что она соответствует III категории точности в диапазоне содержания Ag 5–200 г/т. В настоящее время методика принята в качестве стандарта предприятия для внутреннего пользования. Дополнительно определены элементы для последующей разработки методики одновременного количественного определения – Fe, Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ba.

Атомно-эмиссионное с индуктивно связанной плазмой определение цветных металлов и других компонентов. В настоящее время основной объем определения цветных металлов в рудах производится с применением атомно-абсорбционного (после перевода пробы в раствор) и рентгенофлуоресцентного (непосредственно из порошковой пробы) методов. Преимуществом атомно-абсорбционного метода являются его весьма высокие чувствительность и селективность, недостатком – возможность одновременно измерять в растворе только один элемент. Переход на следующий элемент требует замены спектральной лампы и перенастройки прибора. Несмотря на то что разработаны атомно-абсорбционные приборы, использующие спектральные лампы непрерывного спектра, позволяющие производить перенастройку прибора за несколько секунд и последовательно измерять содержание в растворе многих элементов, они пока не получили широкого применения. Преимущества рентгенофлуоресцентного метода выражаются в возможности одновременно определять достаточно большое число элементов и в высокой чувствительности для элементов средней части периодической системы. К недостаткам метода следует отнести необходимость достаточно сложного учета зависимости результата измерения от матричного состава пробы и весьма большую стоимость аппаратуры высокого класса.

Этих недостатков лишен метод атомной эмиссии с индуктивно связанной плазмой. Стоимость



Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой соизмерима со стоимостью атомно-абсорбционного спектрометра. Этим методом можно одновременно измерять в растворе пробы любых металлов и некоторых неметаллов с высокой чувствительностью и в широком диапазоне. Это ставит метод вне конкуренции по сравнению с методом атомной абсорбции.

Метод атомной эмиссии с индуктивно связанной плазмой развивается в ЦНИГРИ с 2008 г. Разработана и метрологически аттестована методика атомно-эмиссионного с индуктивно связанной плазмой определения Cu, Ni, Co, Pb, Zn в горных породах, рудах и технологических продуктах с нижней границей определяемых содержаний 0,01%. Методика предусматривает растворение проб в соляной и азотной кислотах и измерение содержания элементов с компенсацией матричного влияния методом внутреннего стандарта. Кроме этого, метод успешно применяется в институте для определения содержаний Fe, As, Sb и многих других элементов.

Все разработанные институтом в последние десять лет вышеперечисленные современные методики анализа минерального сырья относятся к III категории точности. Большинство из них аттестованы как отраслевые и широко используются при лабораторно-аналитическом сопровождении ГРП на благородные и цветные металлы.

Изготовление стандартных образцов. В 2014 г. в отделе аналитических исследований ЦНИГРИ проведена работа по изготовлению и метрологической аттестации комплекта из четырех стандартных образцов (СО) состава на основе золотосодержащей руды месторождения Албазино.

Актуальность данных исследований обусловлена высокой потребностью в стандартных образцах для целей внутреннего контроля качества аналитических работ (10–50 г СО включается в каждую партию из 20–30 анализируемых проб), их большой стоимостью и востребованностью на рынке. В настоящее время в аналитических лабораториях применяются стандартные образцы на основе природных золотосодержащих руд и искусственные (пустая порода с искусственно введенным природным золотом) производства фирмы ROCKLABS. При этом использование для контроля результатов анализа стандартных образцов на основе природных руд наиболее информативно, однако номенклатура таких образцов часто недостаточна, а стоимость высока. Для химических лабораторий организаций МПР РФ использование СО состава руд приобретает особое значение, так как гарантирует правильность результатов оценки прогнозных ресурсов золота на разведываемых объектах России. Помимо этого, применение собственных СО выгодно с экономической точки зрения.

Работа по изготовлению СО включала отбор проб с последующей подготовкой материала: дробление, измельчение, гомогенизация. После исследования однородности проводился межлабораторный эксперимент, в котором участвовали четыре научно-исследовательские организации России. При аттестации использовались семь различных методик определения Au. Выполнена статистическая обработка результатов аттестационных анализов. Аттестованное содержание Au в стандартных образцах составило: $2,30 \pm 0,32$, $4,77 \pm 0,67$, $10,78 \pm 0,69$, $25,26 \pm 1,06$ г/т.

Аналитический Центр ЦНИГРИ регулярно участвует в межлабораторных сличительных экспериментах по аттестации стандартных образцов состава руд золота, цветных металлов, проводимых сторонними организациями. В период 2008–2014 гг. с участием института было аттестовано 26 стандартных образцов руд и продуктов их переработки на содержание благородных и цветных металлов. Высокая оценка

результатов анализа стандартных образцов служит подтверждением качественной работы Центра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инструкция* НСАМ № 504-Х. Определение золота в горных породах, рудах и продуктах их технологической переработки пробирным методом с применением низкотемпературной тигельной плавки. – М.: ВИМС, 2010.
2. *Инструкция* НСАМ № 524-Х. Определение золота в горных породах, рудах и продуктах их первичной переработки пробирным методом с применением ускоренной тигельной плавки. – М.: ВИМС, 2012.
3. *Инструкция* НСАМ № 457-Х. Пробирно-атомно-абсорбционное определение малых содержаний золота в минеральном сырье. – М.: ВИМС, 2000.
4. *Инструкция* НСАМ № 513-МС. Определение содержания золота, платины и палладия в горных породах, рудах и технологических продуктах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с предварительным пробирным концентрированием в серебряный королек. – М.: ВИМС, 2011.
5. *Инструкция* НСАМ № 523-АЭС. Определение золота, платины и палладия в горных породах, рудах и продуктах их первичной переработки методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с предварительным пробирным концентрированием в серебряный королек. – М.: ВИМС, 2012.
6. *Инструкция* НСАМ № 540-МС/ААС. Определение содержания платины, палладия, родия, рутения, иридия и золота методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и серебра методом атомной абсорбции в горных породах, рудах и технологических продуктах с предварительным пробирным коллектированием в никелевый штейн. – М.: ВИМС, 2015.
7. *Инструкция* НСАМ № 534-РС. Определение золота в горных породах, рудах и продуктах их первичной переработки рентгенофлуоресцентным методом с предварительным кислотным вскрытием пробы и селективным концентрированием на гранулированном экстрагенте. – М.: ВИМС, 2014.
8. *Инструкция* НСАМ № 507-РС. Определение золота, платины и палладия в горных породах, рудах и технологических продуктах пробирно-рентгенофлуоресцентным методом. – М.: ВИМС, 2010.

9. Колосова Л.П., Аладышкина А.Е., Ушинская Л.А., Копылова Т.Н. Одновременное атомно-эмиссионное определение Pt, Pd, Rh, Ir, Ru, Os, Au в пробирно-вакуумном концентрате // Журнал аналитической химии. 1991. Т. 46. № 7. С. 1386–1390.
10. Колосова Л.П., Аладышкина А.Е., Ушинская Л.А. Пробирно-вакуумное концентрирование микро- и наногаммовых количеств осмия // Журнал аналитической химии. 1988. Т. 43. № 4. С. 689–694.
11. Кузнецов А.П., Кукушкин Ю.Н., Макаров Д.Ф. // Тез. докл. IX Всесоюзного совещания по химии, анализу и технологии благородных металлов. Красноярск, 1973.
12. Кузнецов А.П., Кукушкин Ю.Н., Макаров Д.Ф. Использование никелевого штейна в качестве коллектора благородных металлов в анализе бедных продуктов // Журнал аналитической химии. 1974. Т. 29. № 11. С. 2156–2160.
13. Кузнецов А.П., Кукушкин Ю.Н., Макаров Д.Ф. // Тез. докл. X Всесоюзного совещания по химии, анализу и технологии благородных металлов. Новосибирск, 1976.
14. Методика выполнения измерений золота, платины, палладия и родия в горных породах, рудах и продуктах их первичной переработки методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой после предварительного пробирного концентрирования (СТП ЦНИГРИ 2-ПМС-08). – М.: ЦНИГРИ, 2008.
15. Методика выполнения измерений золота, платины, палладия и родия в горных породах, рудах разнообразного состава и продуктах их первичной переработки методом масс-спектрометрии и индуктивно связанной плазмой после химического концентрирования путем соосаждения с теллуром (СТП ЦНИГРИ 1-ХМС-08). – М.: ЦНИГРИ, 2008.
16. Патент РФ № 2288288. Способ пробирного определения золота в рудах и продуктах их переработки. 25.05.2005.
17. Пробоотбирание и анализ благородных металлов / И.Ф.Барышников, Н.Н.Попова, В.А.Оробинская и др. – М.: Металлургия, 1978.
18. Симаков В.А., Исаев В.Е., Кузнецов А.П. Рентгенофлуоресцентное определение золота, платины и палладия в корольках пробирного концентрирования геологических проб // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2013. Т. 79. № 5. С. 13–17.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ РУДЫ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Мигачев Игорь Федорович
migachev@tsnigri.ru

Минина Ольга Васильевна

Звездов Вадим Станиславович
zvezdov@tsnigri.ru

Приведен краткий ретроспективный анализ изучения месторождений медно-порфирового семейства в ЦНИГРИ на протяжении более 40 лет. С использованием разработанных геолого-генетических и научно-методических основ прогнозирования этих объектов, базирующихся на принципах структурно-формационного и рудно-формационного анализов, геолого-генетических моделях рудообразующих систем и месторождений в качественном и количественном выражении и построенных на их основе прогнозно-поисковых моделях разноранговых металлогенических таксонов (металлогенических зон, потенциальных рудных районов и полей) оценены перспективы отдельных вулканоплутонических поясов, провинций и зон России на обнаружение промышленных объектов медно-порфирового типа. С учетом инфраструктурного развития тех или иных регионов, наличия в них горнорудного производства и возможностей ускоренного вовлечения медно-порфировых месторождений в эксплуатацию в качестве приоритетных для их поисков и оценки рассматриваются территории Урала и Приамурья, в меньшей степени Забайкалья и Тувы.

Ключевые слова: вулканоплутонические пояса, прогноз, поиски, прогнозно-поисковые модели, рудно-магматические системы, медно-порфировые месторождения.

PROSPECTIVENESS OF THE RUSSIAN FEDERATION TERRITORY FOR CU-PORPHYRIES

FSUE TsNIGRI

I.F.Migachev
O.V.Minina
V.S.Zvezdov

A brief retrospective of Cu-porphyry studies carried out in TsNIGRI during a time span of four decades is presented. Using the geological-genetic and methodological prediction principles based upon structural and formative analysis of these objects, as well as upon exploration models of various hierarchical levels (metallogenic zones, clusters and camps), prospectiveness of individual volcanoplutonic belts, provinces, and zones of Russia for Cu-porphyries was estimated. Taking into account the infrastructural evolution rate of the regions, presence or absence of active mining enterprises and possibilities for enhanced development of Cu-porphyries into productive activities, the Urals and the Amur basin stand as exploration priorities; Transbaikalia and Tyva are next in the rank.

Key words: volcanoplutonic belt, prognosis, exploration, prospecting, exploration model, ore-magmatic system, Cu-porphyry.

Месторождения медно-порфиrowого семейства занимают ведущее положение в мировых запасах и добыче меди и молибдена (около 70%), а также попутно извлекаемых элементов – Au, Ag, Re и др. Среди них известно наибольшее количество гигантских и супергигантских объектов, таких как Чукикамата, Эль-Тениенте, Рио-Бланко, Лос-Бронсес, Ла Эскондида в Чили, Континентал-Бьютт, Пеббл, Моренси-Меткалф, Саффорд, Бингхэм в США, Кананеа в Мексике, Грасберг в Индонезии, Ок Теди и Вафи-Голпу в Папуа-Новой Гвинее, Алмалык в Узбекистане и др. с запасами Cu в десятки миллионов тонн, Mo – сотни тысяч – первые миллионы тонн, Ag – тысячи – десятки тысяч тонн, Au – сотни – первые тысячи тонн.

Изучение таких месторождений начато в ЦНИГРИ более 40 лет назад под руководством А.И.Кривцова. В советский период разработаны геолого-генетические и научно-методические основы прогнозирования медно-порфиrowых месторождений, базирующиеся на принципах структурно-формационного и рудно-формационного анализов, установления пространственно-временных связей между определенными геологическими формациями и рудно-формационными типами месторождений. Специалистами института в области геологии рудных месторождений А.И.Кривцовым, И.Ф.Мигачевым, С.Т.Агеевой, Л.П.Болдовой, А.Г.Волчковым, М.М.Гирфановым, И.В.Егоровой, В.С.Звездовым, И.В.Карлиной, Ю.К.Кудрявцевым, С.А.Лисициной, Р.Ф.Мараевой, О.В.Мининой, А.Е.Сальниковым, В.Г.Сапожниковым, Т.А.Путиной, В.М.Шепелевым, В.Б.Шишаковым, И.М.Юдиным выполнена серия тематических работ по изучению закономерностей размещения и прогнозированию медно-порфиrowых руд на территории СССР и его отдельных регионов – Урала, Забайкалья (зона БАМ), Камчатки, Тувы, Чукотки, Казахстана, Узбекистана, Киргизии. Составлены прогнозно-металлогенические карты с выделением перспективных для поисков металлогенических зон, потенциальных рудных районов и полей, подготовлены рекомендации к постановке геологоразведочных работ (ГРР). Проведены специализированные геологические и минералого-геохимические исследования месторождений Казахстана (Актогай, Айдарлы, Кызылкия, Коунрад, Коксай, Борлы, Бошекуль, Кенькудук, Каскырказган, Саяк), Узбекистана (Кальмакыр, Дальнее, Северо-Западный Балыкты, Кызата, Сары-Чеку), Урала (Михеевское, Тарутинское,

Салаватское, Андрюшинское, Зеленый Дол, Ново-Николаевское, Бенкала, Баталы), Малого Кавказа (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Техут), Чукотки (Песчанка, Находка), Тувы (Аксуг, Кызык-Чадр). Их результаты в сочетании со значительным объемом проанализированных зарубежных публикаций по объектам Северной и Южной Америки, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона послужили основой создания прогнозно-поисковых моделей (ППМ) разноранговых металлогенических таксонов – провинций, металлогенических зон (МЗ) и подзон, потенциальных рудных районов (ПРР), полей (ПРП) и поисковых участков (ПУ), т.е. потенциальных месторождений.

В качестве медно-порфиrowых провинций и крупных металлогенических зон выделены вулканоплутонические пояса (ВПП) двух типов – базальтоидные, развивающиеся в островодужном или рифтогенном режиме на базальтоидном ранне-островодужном субстрате, и окраинно-континентальные андезитоидные, становление которых в орогенно-активизационном режиме происходит на различном по составу и времени образования фундаменте. Геолого-тектоническая позиция поясов и их контуры, как правило, определяются долгоживущими глубинными разломами и ареалами развития вулканогенных и плутоногенных формаций, объединяемых в вулканоплутонические ассоциации (ВПА), в том числе потенциально продуктивные (металлоносные) в отношении медно-порфиrowого оруденения. Областям их распространения отвечают структурно-формационные и эквивалентные им металлогенические зоны.

Для базальтоидных поясов продуктивны на медно-порфиrowое оруденение ВПА, завершающие натровые серии базальтоидного магматизма и закономерно сменяющие во времени и по латерали однородные базальтовые и колчеданосные контрастные и непрерывные формации. Для андезитоидных ВПП потенциально рудоносны ВПА андезито-диоритового профиля (калиево-натриевого, натриево-калиевого и существенно калиевого в зависимости от петрологии структурно-вещественных комплексов (СВК) фундамента поясов), сформировавшиеся на ранних этапах становления поясов [7, 9–11].

Потенциальные рудные районы в пределах МЗ, как правило, эквивалентны крупным рудно-магматическим системам (РМС) «порфиrowого типа», обладающим комплексной металлогенией. При благоприятном положении эрозионного среза их

площади обычно соответствуют отдельным батолитоподобным многофазным и (или) полихронным плутонам, либо группам интрузивов, либо полям развития порфириновых тел рудоносной формации, обычно приуроченным к периферии локальных устойчивых палеоподнятий субстрата ВПП. При этом медно-, молибден-медно-, медно-молибденные (с Au, Ag, Re, W и другими сопутствующими элементами) штокверковые руды локализованы во внутренних глубинных частях РМС, которые могут рассматриваться как самостоятельные медно-порфириновые системы (МПС), соответствующие рудным полям. Во внешних (фланговых) зонах таких систем может отмечаться жильная и скарновая полиметаллическая (с Au и Ag) минерализация, а в верхних (надрудных) – эпитермальная жильно-прожилковая и стратоидная золото-серебряная, медно-мышьяковая, мышьяково-сурьмяно-ртутная и самородная серная. Поисковым участкам (потенциальным месторождениям) в пределах ПРП (перспективных МПС) соответствуют площади возможного нахождения руд, отвечающих по запасам и качеству геолого-экономическим требованиям [15, 16].

Рудно-метасоматическая зональность и минералого-геохимические особенности руд месторождений зависят от состава рудоносных плутоногенных формаций, определяемых, в свою очередь, петрологией и геохимическим профилем структурно-вещественных комплексов фундамента поясов [7, 8 и др.], что послужило основанием разделения медно-порфиринового семейства на молибден-порфириновый, медно-молибден-порфириновый с золотом, золото-молибден-медно-порфириновый и собственно медно-порфириновый (золото-медно-порфириновый) рудно-формационные типы. Различия в условиях локализации, геологическом строении и минералого-геохимических характеристиках разнотипных месторождений учтены при разработке ППМ, являющихся по сути классификационно-признаковыми моделями разноранговых металлогенических таксонов (от провинций до поисковых участков), а также прогнозно-поисковых комплексов (ППК), т.е. наборов оптимальных методов ГРП, применяемых для выявления объектов прогноза и поисков на разных стадиях работ.

Прогнозно-поисковые модели и прогнозно-поисковые комплексы для медно-порфириновых и других геолого-промышленных типов месторождений цветных и благородных металлов и алмазов, созданные в ЦНИГРИ в 70–80 годы прошлого

столетия, актуализированы в прошедшее десятилетие и описаны в серии монографий [9, 12, 20 и др.] и методических руководств [15, 16, 19, 21]. Они позволили более обоснованно и системно проводить поиски и оценку новых объектов. Для повышения эффективности ГРП рассчитаны их предельные нормативы стоимости (ПНС), которые учитывались при планировании этих работ, как и специфика условий их выполнения в различных республиках, областях и краях бывшего СССР.

В 90-е и последующие годы научно-методические основы прогноза, поисков и оценки медно-порфириновых месторождений были усовершенствованы с учетом элементов, разработанных в ЦНИГРИ (в рамках межотраслевой программы «Геомодель») количественных геолого-промышленных, параметрических, морфометрических, структурно-петрофизических, концентрационных, градиентно-векторных, гидродинамических, теплофизических моделей рудообразующих систем и месторождений [4, 9, 22 и др.], позволивших «числом и мерой» оценить существовавшие рудогенетические концепции, т.е. геолого-генетические модели, и уточнить базирующиеся на них ППМ.

Проведенное И.Ф.Мигачевым, О.В.Мининой, А.Е.Сальниковым и др. исследование ряда рудных районов (узлов) с комплексной металлогенией показало, что они эквивалентны крупным рудно-магматическим системам (РМС) «порфирикового» типа, строение которых зависит от обстановок формирования. В объеме таких систем часто совмещены разновозрастные продукты рудогенеза, связанные как с тектономагматическими процессами различных этапов формирования ВПП, так и с «допоясной» металлогенией СВК их субстрата. На этом основании выделены комплексные рудные узлы (КРУ) трех типов – «чистой линии», с совмещенной и унаследованной металлогенией [17, 28].

Открытия конца 90-х – середины 2000-х годов в Южной Америке и Юго-Восточной Азии ряда эпитермальных стратоидных и жильно-прожилковых золото-медных, золото-серебряных и золото-порфириновых месторождений (типа «высокой», «средней» и «низкой сульфидизации») – Андоколло, Рефуджио (Панчо-Верде), Лобо, Марте, Фариде, Эль Хуесо и др. в Чили, Янокоча и Пьерина в Перу, Нена и Вафу-Голпу (Папуа-Новая Гвинея), Лепанто (Филлипины) и др. и доказательства их приуроченности к верхним частям крупных (площадью в сотни – первые тысячи квадратных километров) РМС «порфирикового» типа, во внутренних, более

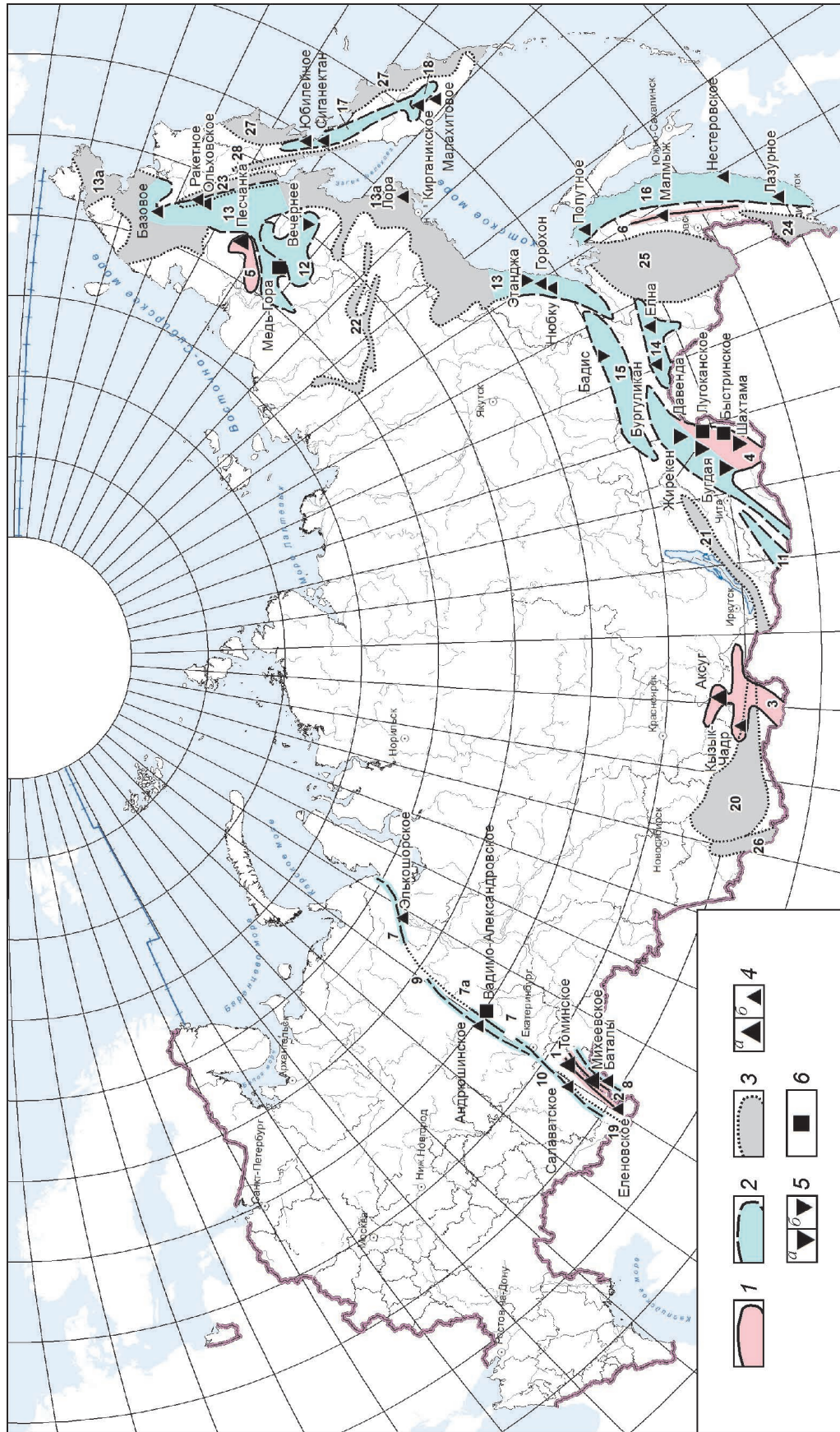
глубинных, зонах которых выявлены или прогнозируются медно-порфиоровые штокверковые руды [23–27, 29–33], послужили основанием для дальнейшего совершенствования геолого-генетических и прогнозно-поисковых моделей медно-порфиоровых месторождений и вмещающих их рудообразующих систем.

Генерализованная модель РМС «порфиорового» типа в современном виде предполагает приуроченность стратоидных и жильно-прожилковых золото-медных, золото-серебряных, медно-мышьяковых, мышьяково-сурьмяно-ртутных и серных руд к интенсивно аргиллизированным вулканогенным породам продуктивных ВПА верхних частей систем, во внутренних зонах которых в комагматических плутоногенных составляющих ВПА локализованы медно-молибден-порфиоровые, золото-молибден-медно-порфиоровые и жильные золото-кварцевые месторождения гипабиссально-субвулканического уровня, а во фланговых – мезотермальные жильные золото-полисульфидные, скарновые медно- и полиметалльно-железные (в карбонатных вмещающих породах). Таким образом, внутренние, фланговые и внешние части РМС могут рассматриваться как отдельные рудные поля, для которых при поисках целесообразно определение собственных наборов поисковых критериев и признаков.

По геологическому строению ВПП России имеют сходство с поясами Северной и Южной Америки, Юго-Восточной и Средней Азии, где сосредоточены десятки крупных медно-порфиоровых месторождений, включая гигантские. Однако к настоящему времени на Государственном балансе РФ числятся лишь четыре месторождения – Томинское и Михеевское на Южном Урале, Ак-Сугское в Республике Тыва, Песчанка в Чукотском АО, из которых только последнее можно отнести к категории крупных. Вместе с тем, наличие значительного количества недооцененных и недостаточно изученных перспективных территорий, а также медно-порфиоровых проявлений и сопряженных жильных и штокверковых золото-полисульфидных, золото-кварцевых, золото-серебряных, скарновых медных и полиметаллических месторождений и проявлений, часть из которых может принадлежать фланговым или верхним частям слабо эродированных РМС «порфиорового» типа, позволяет достаточно высоко оценивать перспективы поисков промышленных медно-порфиоровых месторождений в Российской Федерации.

В связи с этим с 2007 г. в ЦНИГРИ за счет средств федерального госбюджета возобновлены прогнозно-металлогенические исследования по оценке ресурсного потенциала России на медно-порфиоровые и сопряженные с ними руды цветных и благородных металлов. Составлена серия цифровых карт (с «ГИС-привязанными» электронными каталогами месторождений и наиболее крупных рудопроявлений): прогнозно-минерагеническая карта ВПП восточных регионов России м-ба 1:2 500 000 с картами-врезками Кавральянской, Хетачано-Кричальской и Северо-Сихотэ-Алиньской металлогенических зон м-ба 1:500 000; специализированная прогнозно-металлогеническая карта Магаданской области м-ба 1:1 000 000 с картой-врезкой Омудевской металлогенической зоны м-ба 1:200 000; прогнозные карты м-ба 1:500 000 Камчатского края, Войкарской (Малоуральской) металлогенической зоны Ауэрбаховско-Новогодненского ВПП, Ланковско-Тауйской металлогенической зоны Охотско-Чукотского ВПП, Октябрьской металлогенической зоны Умлекано-Огоджинского ВПП и др.

Анализ геотектонической позиции, строения и металлогении ВПП восточных регионов России и расположенных в их пределах рудных районов показал, что структура и ресурсный потенциал РМС «порфиорового типа» во многом зависят от обстановок становления продуктивных ВПА раннего этапа формирования поясов. С учетом этих обстановок, определяющих пространственно-временные соотношения плутоногенных и вулканогенных составляющих ВПА и сопряженных с ними проявлений разнотипной рудной минерализации, выделены четыре группы (модели) комплексных РМС, характеризующиеся различной магматической и рудно-формационной зональностью [6]. Первая – на сочленениях выступов фундамента поясов и вулканотектонических депрессий с латеральной зональностью; вторая – в магматогенных поднятиях субстрата ВПП при редуцированном развитии комагматических вулканитов с латерально-вертикальной зональностью; третья – типа «интрузив под вулканом» в относительно поднятых блоках фундамента ВПП с тесной пространственной сопряженностью плутоногенных и вулканогенных членов рудоносной ВПА и вертикальной зональностью; четвертая – «сжатые» по вертикали в условиях относительно поднятых блоков фундамента или краевых частей ВПП с совмещением разнотипной минерализации в контурах рудных зон (рудных тел) с явлениями наложения и частичной регенерации руд.



Таким образом, многочисленные проявления цветных и благородных металлов ВПП Востока России, на протяжении десятилетий изучавшиеся как «самостоятельные» объекты, могут принадлежать крупным комплексным РМС ВПА раннего этапа формирования поясов, что должно учитываться при их поисках и оценке. С этой целью разработаны интегрированные прогнозно-поисковые модели РМС с установлением поисковых критериев и признаков различных их частей – внутренних, фланговых и внешних [5].

На ряде перспективных потенциальных рудных районов и узлов, выделенных в металлогенических зонах вышеперечисленных ВПП Урала и Востока России, – Варчатинском (Элькошорском), Елна-Адамихинском, Магаданском, Танюерском, Ольховском, Убиенкинском, Серовском, Гайском и др., ЦНИГРИ в сотрудничестве с производственными организациями (Ямальская ГК, ООО «Станнолит», ОАО «Амургеология», ОАО «Георегион» и др.) в 2007–2012 гг. проведены поисковые работы, включая горно-буровые, с локализацией и оценкой прогнозных ресурсов потенциальных рудных полей и поисковых участков. Результаты этих работ [14, 18 и др.], выполненных на основе созданных интегрированных ППМ РМС, свидетельствуют о высоких перспективах ВПП России, особенно на северо-востоке страны, для поисков промышленных скоплений медно-порфировых руд. Однако успех таких работ может быть достигнут лишь в случае достаточных объемов заверочных горно-буровых работ, требующих соответствующего финансирования.

Базируясь на разработанных в ЦНИГРИ принципах и моделях прогноза и поисков медно-порфировых месторождений, авторами оценены перспективы ВПП России (рисунок) на обнаружение промышленных объектов названного типа.

На **Урале** выделены три основные геологические обстановки размещения медно-порфировых месторождений: в базальтоидных и андезитоидных вулканоплутонических поясах, а также в поясах, приуроченных к рифтогенным структурам Восточно-Уральского поднятия. Наиболее крупные базальтоидные пояса – Именновский на Среднем Урале, Ирендыкский и Гумбейский – на Южном. На медно-порфировые руды в них продуктивна габбро-диорит-плагиогранитная формация в составе андезибазальт-диоритовой ВПА, слагающей базальтоидный пояс.

В *Именновском ВПП* ($S_1w_2-S_2ld_1$) на Среднем Урале известны Рудноболотское, Шиловское, Алтынайское, Андриюшинское проявления со средним содержанием Cu и Mo на уровне первых десятых долей процента. В случаях присутствия среди вмещающих пород карбонатных отложений массивы рудоносной габбро-диорит-плагиогранитной формации сопровождаются медно-скарновыми (скарново-медно-порфировыми) рудами (Гумешевское, Шуралинское, Алексеевское, Ново-Алексеевское). На Гумешевском месторождении, помимо отработанных запасов, апробированы прогнозные ресурсы меди категорий P_1 100 и P_2 300 тыс. т при среднем содержании Cu 1,2%. Во Втором Северном и Вознесенско-Покровском рудных узлах (РУ) с габбро-диорит-гранодиоритовой монцонитоид-

Вулканоплутонические пояса РФ, ранжированные по степени перспективности на обнаружение медно-порфировых месторождений:

1 – перспективные (1 – Увельский, 2 – Новониколаевско-Карамысовский, 3 – Саяно-Тувинский, 4 – Забайкальский, 5 – Курьинский, 6 – Западно-Сихотэ-Алиньский); 2 – потенциально перспективные (7 – Ауэрбаховско-Новогодненский (северный и южный фланги), 8 – Валерьяновский (на территории РФ), 9 – Именновский, 10 – Ирендыкский, 11 – Чикой-Хилокское звено Орхон-Селенгинского, 12 – Кедонский, 13 – Охотско-Чукотский и Удско-Мургальский (Пенжинско-Анадырское, Березовское и Удско-Джугджурское звенья), 14 – Умлекано-Огоджинский, 15 – Становой, 16 – Восточно-Сихотэ-Алиньский, 17 – Корякско-Центрально-Камчатский, 18 – Ирунейско-Кирганикский); 3 – с неясными перспективами и неперспективные (7а – Ауэрбаховско-Новогодненский (центральное звено), 19 – Гумбейский, 20 – Минусинско-Тувинский, 21 – Джидино-Витимский, 22 – Уяндино-Ясачненский, 13а – Охотско-Чукотский и Удско-Мургальский (центральные звенья, Чукотская фланговая зона), 23 – Окрано-Пенжинский, 24 – Ханкайский, 25 – Хингано-Буреинский (Хингано-Охотский), 26 – Горно-Алтайский, 27 – Олюторско-Восточно-Камчатский, 28 – Пенжинско-Западно-Камчатский); месторождения (а) и проявления (б): 4 – медно-порфировые, молибден-медно-порфировые, 5 – молибден-порфировые, 6 – медно-скарновые (скарновые медно-порфировые)

ной формацией (северо-рудничный комплекс) сопряжены медно-порфиновые (Пелым-Чакурское, Нижнеушминское, Высотинское) и золотосодержащие скарновые магнетитовые и медно-магнетитовые проявления.

В *Ирендыкском ВПП* (D_1-D_2e) на Южном Урале в штоке диоритовых порфиритов, прорывающем вулканы комагматичной базальт-андезибаазальтовой формации, локализовано Салаватское медно-порфиговое месторождение со средним содержанием Cu 0,4% и ориентировочными запасами 800 тыс. т. В северной части пояса в выступе фундамента расположено Вознесенское проявление со средним содержанием Cu 0,55%. Рудоносность базальтоидной ВПА в благоприятных обстановках возрастает в связи со становлением комплексных рудно-магматических систем. Примером служит Круглогорский (Миасский) рудный узел, где соотношения разных типов оруденения подчиняются латеральной рудно-магматической зональности одноименной РМС. Ее внутренняя зона включает титаномагнетитовую минерализацию в габброидах, медно-порфиновые руды в габбро-диоритах (Медногорское проявление) и скарновые магнетитовые в вулканической постройке (Круглогорское месторождение). Во внешней зоне развиты вулканогенные и вулканогенно-осадочные руды железа, меди и золота, а на ее периферии – мелкие золото-порфиновые проявления в андезитовых экструзивах.

В *Гумбейском ВПП* (D_2) продуктивная формация не выделена, медно-порфиновые проявления не установлены, поэтому он рассматривается как неперспективный.

Таким образом, среди базальтоидных ВПП наиболее благоприятным на обнаружение медно-порфиновых месторождений является Именовский, в то время как в Ирендыкском в качестве перспективного выделяется северное звено вблизи выступов фундамента пояса.

К числу андезитоидных поясов относится *Ауэрбаховско-Новогодненский* (S_2-D-C_1) с Ауэрбаховским и Войкарским (Малоуральским) звеньями, протягивающийся вдоль Восточно-Уральского поднятия на Среднем, Северном и Полярном Урале.

В южном, Ауэрбаховском, звене пояс образован габбро-диорит-гранодиорит-андезибаазальт-андезитовой ВПА (D_{1-2}). Ауэрбаховская кольцевая структура (рудный район) представляет собой комплексную РМС, образованную андезибаазальт-анде-

зитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой (ауэрбаховский комплекс) рудоносными формациями. Ее центром служит многофазный Ауэрбаховский интрузив, прорывающий известняковую рифовую постройку. С основными фазами его становления сопряжено формирование золотосодержащих скарновых магнетитовых (Песчанское и др.) месторождений, а с габбро-диоритами и диоритами – медно-порфиновых и медно-скарновых (Вадимо-Александровское, Никитинское, Фроловское), обладающих признаками скарново-медно-порфинового типа, выделенного Дж.Мантейном и М.Эйнауди [29]. На периферии РМС локализованы стратоидные золото-реальгар-аурипигмент-пиритовые залежи Воронцовского месторождения.

Войкарское (Малоуральское) звено на Полярном Урале образует две ВПА: раннюю островодужную (S_2-D_1), сложенную базальт-андезибаазальт-андезитовой и габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной-диоритовой (собский комплекс) формациями, и позднюю (D_2-C_1), включающую трахибазальт-трахиандезитовую, монцо-габбродиорит-монцонитовую (конгорский комплекс D_{2-3}) и монцодиорит-гранитную (янаслорский комплекс D_3-C_1) формации. Плутоногенные формации рудоносны. В них локализованы золотосодержащие скарновые медно-магнетитовые (месторождение Первая Рудная Горка), золото-порфиновые (Петропавловское), золотосульфидно-магнетитовые, золото-сульфидно-кварцевые (Новогоднее-Монто) и медно-порфиновые (Элькшорское, Янаслорское) руды.

В Новогодненском рудном узле сосредоточены наиболее значительные золоторудные объекты, в том числе месторождение Новогоднее-Монто в экзоконтактной зоне массива габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации. Расположенный в том же РУ Петропавловский золото-порфиновый объект приурочен к восточному контакту Собского плутона, сложенного породами рудоносной формации. Молибден-медно-порфиновые проявления, сопряженные с теми же интрузивными комплексами, что и золоторудные, выявлены в Янаслорском и Элькшорском потенциально перспективных РУ. ЦНИГРИ и ОАО «Ямальская горная компания» на одноименных рудных полях выполнены поисковые и заверочные работы с оценкой суммарных прогнозных ресурсов меди категории P_2 в количестве 538 тыс. т при среднем содержании Cu 0,2%.

Перспективы выявления медно-порфиновых месторождений наиболее высоки во фланговых частях Ауэрбаховско-Новогодненского андезито-

идного ВПП, в ареалах развития массивов продуктивной формации в выступах фундамента.

На Южном Урале андезитоидный тип поясов представлен визе-намюрским (C_1) *Валерьяновским ВПП*, расположенным в пределах Урало-Тобольского поднятия, в основном на территории Северного Казахстана. Он сложен породами андезитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой (соколовско-сарбайский комплекс) формаций, образующими ВПА, продуктивную на медно-порфировое и магнетитовое оруденение. Вулканогенно-осадочные и скарновые магнетитовые руды ассоциируют с андезибазальтами, габброидами и диоритами ранних фаз; медно-порфировое оруденение (месторождения Бенкала Северная и Баталинское) сопровождается поздние гранодиоритовые и плагиогранитные порфировые фазы. На юг Челябинской области заходит северо-западная часть Валерьяновского пояса, где продуктивная ВПА ($C_{1v_{2-3}}$) выполнена вулканогенно-терригенной андезитовой и диорит-гранодиорит-плагиогранитной (баталинско-красноармейский комплекс) формациями. С рудоносными массивами сопряжены медно-порфировые проявления с наиболее значительным Александровским. Эти же массивы сопровождаются мелкими месторождениями золото-кварц-сульфидной (Тохтаровское, Тарановское) и золото-кварцевой (Блакское) формаций. Часть Валерьяновского ВПП, находящаяся на территории РФ, благоприятна на обнаружение медно-порфировых месторождений, но ограничена небольшими размерами площади пояса.

Другим типом геологических обстановок размещения медно-порфировых месторождений Урала являются локальные ВПП, развитые «на плечах» рифтогенных структур, сформированных на кратонизированном палеозойском субстрате Восточно-Уральского поднятия. Эти структуры представляют собой узкие рвы вдоль мобильных швов меридионального простираения, в которых совмещены разновременные магматические образования от силурийских до раннекаменноугольных. Вулканоплутонические пояса представляют собой как позднеостроводужные, так и активационные образования и отличаются простотой состава рудоносных комплексов, сложенных мелкими штоками и дайками диоритов, кварцевых диоритов, гранодиоритов и плагиогранитов. Возрастной диапазон (от S до C_1) формирования рудоносных интрузивов определяет присутствие разновозрастных медно-порфировых объектов.

Рифтогенные структуры Восточно-Уральского поднятия контролируют положение Увельского и Новониколаевско-Карамысовского ВПП.

Увельский ВПП представляет собой узкий субмеридиональный прогиб, продолжающийся на юге в Айдырлинском и Еленовско-Кумакском магматических ареалах. Рудоносная базальтоидная ВПА, образованная базальт-андезибазальтовой и габбро-диорит-плагиогранитной формациями, слагает обширные площади как внутри, так и «на плечах» прогиба. Силурийский абсолютный возраст ($427-429 \pm 6$ млн лет) рудоносного андезит-кварц-диоритового вулканоплутонического комплекса северного звена пояса (соответственно, принадлежность его к продуктам позднеостроводужного магматизма) подтвержден А.И.Грабежевым [2].

В северном замыкании Увельского ВПП выделен Биргильдинско-Томинский медно-порфировый рудный узел, включающий Томинское месторождение, Биргильдинское и Мичуринское проявления. В Томинско-Березняковском рудном поле в массиве кварцевых диоритов локализовано медно-порфировое Томинское месторождение, а в субвулканических фациях – золото-порфировое Березняковское. На Томинском месторождении Государственным балансом на 01.01.2014 г. учтены запасы меди (тыс. т) категорий ABC_1 743,3 (среднее содержание Cu 0,47%), C_2 793,2 (0,46%) и забалансовые 195,7 (0,43%). Южнее в двух массивах диоритов и плагиогранит-порфиров размещено медно-порфировое проявление Зеленый Дол, а в западном экзоконтакте Каменского массива – Урманское проявление.

На южном продолжении пояса в ареале среднедевонской рудоносной андезибазальт-диорит-плагиогранитной ВПА в массиве плагиогранитов локализовано недавно отработанное мелкое Еленовское медно-молибден-порфировое месторождение с наиболее высокими на Урале средними содержаниями Cu 2,88%, Mo 0,024%, Au 2,1 г/т и запасами Cu 19 тыс. т.

С учетом развития базальтоидных ВПА силурийского возраста в Увельском звене и среднедевонского – в Айдырлинском и Еленовском можно сделать вывод о принадлежности пояса к полихронному базальтоидному типу, включающему две разновозрастные плутогенные формации, продуктивные на медно-порфировые руды.

Новониколаевско-Карамысовский андезитоидный ВПП (D_3-C_1) протягивается восточнее Увельского по западному флангу Зауральского поднятия и также представляет собой узкую рифтогенную

структуру, сформированную в крупном сиалическом блоке вдоль Джетыгаринского глубинного разлома. Потенциально рудоносная ВПА образована вулканогенно-терригенной андезибазальт-андезитовой и габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (михеевский комплекс C_1) формациями. Рудоносные интрузивы представлены сериями даек и удлиненными массивами порфиroidных диоритов (Карамысовский), диорит-порфиритов, плагиогранит- и гранодиорит-порфиров, тяготеющими к рифтогенным структурам.

В северной части пояса выделен Тарутинско-Михеевский меднорудный район с Михеевским и Тарутинским медно-порфировыми месторождениями, Западным и другими проявлениями. Михеевское медно-порфировое месторождение числится на балансе с запасами меди (тыс. т) категорий ABC_1 1245,3 (среднее содержание Cu 0,44%), C_2 297 (0,46%) и забалансовыми 205,5 (0,39%); объекты с апробированными прогнозными ресурсами меди представлены Тарутинским скарново-медно-порфировым месторождением (P_1 260 тыс. т) и Западным проявлением (P_1 330, P_2 700 тыс. т). Кроме них, в Новониколаевско-Карамысовском ВПП известны Новониколаевское и Новокатенинское проявления, где, как и на Тарутинском, присутствуют медно-порфировые и медьсодержащие скарново-магнетитовые руды.

Приведенные данные показывают, что в Уральском регионе наиболее благоприятны на обнаружение промышленно значимых медно-порфировых месторождений полихронные базальтоидные и андезиоидные вулканоплутонические пояса, сопряженные с рифтогенными структурами Восточно-Уральского поднятия. Не вызывает сомнения, что рудный потенциал ВПП поясов Урала не исчерпан недавно выявленными месторождениями и масштаб новых объектов может быть более значительным. Кроме того, при прогнозных построениях необходимо исходить из установленного на примере многих рудных районов Урала вхождения медно-порфировых месторождений в комплексные РМС.

В **Алтае-Саянской области** *Минусинско-Тувинский среднепалеозойский ВПП* представлен многочисленными дискретными ареалами проявлений ВПА, занимает обширные пространства Горного Алтая, Кузнецкого Алатау, Тувы, Западного и Восточного Саяна и продолжается в Западном Забайкалье. Целесообразно рассматривать вулканы ВПП в рамках единой базальт-андезит-ри-

олитовой формационной серии, выделяя ее более раннюю базальт-андезитовую и позднюю дацит-риолитовую составляющие. Первая из них принадлежит потенциально продуктивной ВПА, содержащей в качестве плутогенного члена немногочисленные интрузивы диорит-гранодиоритовой формации. Она проявлена в Западно-Саянской структурно-формационной зоне (СФЗ), на юго-востоке Каахемской и северо-западе Куртушибинской СФЗ Тувы. К массивам плутонов приурочены мелкие медно-порфировые проявления северо-запада Тувы, в том числе Грейзеновое и Северо-Карагашское. Территория, включающая перечисленные выше СФЗ, соответствует металлогенической зоне с неясными перспективами в отношении поисков промышленных медно-порфировых месторождений.

На остальной территории перспективы ранне-среднедевонской ВПА на медно-порфировое оруденение весьма проблематичны, что обусловлено слабым проявлением интрузивов рудоносной диорит-гранодиоритовой формации, недостаточной выраженностью порфировых фаз и отсутствием перспективных молибденово-медных проявлений. Специфичность девонского магматизма выразилась в массовой генерации пород кислого и ультракислого составов гранит-лейкогранитной формации, с которыми связаны повышенные концентрации Mo, W, редких металлов, полиметаллов, Fe, Co, Cu. Проявления медно-порфирового семейства, сопряженные с массивами этой формации, известны в Западном Саяне (Карагашский рудный узел), Восточном Саяне (Теплый Ключ), Туве (Улуг-Кадыр-Осское, Кадыр-Осское и др.), где представлены молибден-порфировым (с медью) рудно-формационным типом.

На этой же территории развиты позднепалеозойские вулканоплутонические и плутогенные пояса, нередко пространственно совмещенные с девонскими. *Горно-Алтайская плутогенная зона* входит в состав позднепалеозойского Талицко-Монголо-Алтайского плутогенного пояса и охватывает Анюйско-Чуйскую, Холзунско-Чуйскую и Талицкую СФЗ. Наиболее ранними плутогенными породами пояса являются интрузивы диорит-гранодиорит-адамеллитовой формации C_1 , сопоставляемые со змеиногорским комплексом Рудного Алтая и относимые нами к потенциально рудоносным (яломанская серия). Для этой формации, наряду с железорудной специализацией, характерно редкометальное, кварц-вольфрами-

товое и кварц-шеелитовое оруденение, ассоциирующее с лейкократовыми гранитами и гранит-порфирами. Проявления медно-порфировой минерализации здесь единичны и не оценены, поэтому Горно-Алтайская СФЗ рассматривается как зона с неясной перспективностью.

Саяно-Тувинский позднепалеозойский ВПП, дискуссионность и спорность выделения которого авторами учитываются, включает ареалы развития позднепалеозойских магматических образований. Конфигурация пояса определяется наличием трех зон – северо-западной, субширотной и юго-западной. К потенциально рудоносной ВПА могут быть отнесены вулканы андезит-дацит-риолитового состава хербесской (C_1t), байтагской и актальской (C_1v) свит и интрузивы аксуг-кызыкчадрского и торгалыкского комплексов, объединяемых в габбро-диорит-гранодиорит-гранитную (плагиогранитную) формацию. На территории Тувы с массивами этой формации тесно связаны медно-порфировые проявления, в то время как с телами гранит-лейкогранитной формации сютхольского и бреньского комплексов – молибденовые. В субширотной ветви ВПП выделено несколько медно-порфировых рудных узлов – Аксугский, Кызыкчадрский, Шугурский, Северо-Карагашский. В Государственном балансе учтены запасы меди месторождения Ак-Суг категорий ABC_1C_2 в количестве 2,350 млн т со средним содержанием металла 0,75%. В северо-западной ветви ВПП заслуживающие внимания медно-порфировые проявления в настоящее время неизвестны, в юго-западной размещается Серлигский рудный узел с несколькими медно-порфировыми проявлениями в штоках торгалыкского комплекса.

Таким образом, в Саяно-Тувинском ВПП установлены зоны с разными перспективами на медно-порфировое оруденение: малоперспективная северо-западная, рудоносная субширотная и потенциально перспективная юго-западная. В двух последних зонах, особенно в субширотной, широко развиты гранитоиды рудоносной формации, что определяет возможность обнаружения новых медно-порфировых объектов.

В **Забайкалье Джидино-Витимская зона** представляет собой крайнюю восточную ветвь системы девонских ВПП Алтае-Саянской области, отделенную от Минусинско-Тувинского пояса территорией Монголии. В ареал развития массивов рудоносной гранит-граносиенитовой формации четко вписываются зоны максимального распространения молибденового и молибден-вольфрамового оруденения, а

многие проявления этих типов (Мало-Ойногорское, Жарчихинское, Харитоновское и др.) непосредственно приурочены к плутонам гранит-граносиенитового состава. Таким образом, перспективы Джидино-Витимской зоны должны связываться, в первую очередь, с возможностью обнаружения в ее пределах молибден-порфировых (часто с вольфрамом или медью) месторождений, ассоциирующих с интрузивами гранит-лейкогранитной и гранит-граносиенитовой формаций раннего – среднего девона, в то время как в отношении медно-порфирового оруденения эта зона малоперспективна.

Чикой-Хилокская зона служит северным продолжением рудоносного позднепалеозойского Орхон-Селенгинского ВПП Монголии, включающего крупное молибден-медно-порфировое месторождение Эрдэнтуин-Обо и ряд более мелких объектов. Продуктивная ВПА включает вулканы базальт-андезит-риолитовой формационной серии и массивы потенциально рудоносной диорит-монцонит-гранитной (плагиогранитной?) формации в объеме пермского бичурского комплекса. Они занимают южную и крайнюю северо-восточную части зоны и по составу близки рудоносной габбро-монцонит-плагиогранитной формации Орхон-Селенгинского ВПП Монголии. Более поздние магматические образования пояса представлены ВПА, состоящей из субщелочных кислых вулкаников, субщелочных и щелочных гранитов, а также завершающей ВПА, образованной вулканиками трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовой формации при угнетенном развитии массивов щелочных гранитов и сиенитов.

В пределах Чикой-Хилокской зоны имеется несколько медно-порфировых проявлений (Кударинское, Тамирское и др.), что дает возможность расценивать ее как потенциально перспективную на обнаружение медно-порфировых месторождений.

Забайкальский мезозойский ВПП обычно рассматривается в составе более глобального ранне-среднемезозойского Забайкало-Монгольского пояса. На территории России он протягивается в северо-восточном направлении через весь Забайкальский регион и представлен двумя ветвями: западной, слагающей основной ствол ВПП, и восточной, отвечающей Газимуро-Шилкинской СФЗ.

Начало становления ВПП ознаменовалось образованием потенциально рудоносной средне-позднеюрской ВПА, включающей базальт-анде-

зит-риолитовую (куйтунская, нюкжинская, шадоронская свиты) и диорит-гранодиорит-гранитную (амуджиканский, сретенский, шахтаминский комплексы) формационные серии, при этом в последней отмечается смена калиевых гранодиоритов западного сегмента калий-натриевыми восточного. Закономерным выглядит появление в восточном звене ВПП, в Урюмкан-Будюмканской СФЗ, золото-медно-скарнового оруденения, приуроченного к калинатровым гранодиоритам продуктивной формации – Лугоканскому, Култуминскому, Быстринскому массивам. Менее распространены в Забайкальском ВПП более поздние вулканиты трахиандезит-трахириолитовой и интрузивы гранит-лейкогранитной позднеюрских формаций.

С плутонитами рудоносной ВПА пространственно и во времени связаны месторождения и проявления медно-порфирового семейства: золото-молибден-порфировые с медью (Бугдая, Давенда, Шахтама, Жирекен), золото-молибден-медно-порфировые (Боровое, Усть-Кудечинское, Талатуйское, Сыпчугурское и др.), золото-медно-магнетитовые и золото-медные в скарнах (Быстринское, Лугоканское, Уронайское), а также медно-золото-свинцово-цинковые (Новоширокинское), золото-полисульфидно-кварцевые (Дарасун), золото-турмалин-сульфидно-кварцевые (Ключевское), золото-порфировые (Джалиндинское-Кировское, Средне-Голготайское). Экструзивно-субвулканические и вулканогенные образования ВПА сопровождаются золото-серебро-адуляр-кварцевыми (илинский тип) месторождениями.

Таким образом, в пределах Забайкальского ВПП выделяются две зоны развития продуктивной диорит-гранодиоритовой формации – Западная, характеризующаяся ведущей ролью месторождений молибден-порфирового (с медью) типа и потенциально перспективная на медно-порфиоровое оруденение в своей западной части, и более перспективная Восточная с проявлениями молибден-порфирового, молибден-медно-порфирового, золото-медно-скарнового и золото-порфирового типов оруденения.

Становой ВПП (J_3-K_1) сформирован в осевой части одноименного поднятия, сложенного архейско-протерозойскими метаморфитами, и образован двумя ВПА. Позднеюрско-раннемеловая ВПА представлена существенно эродированными батолитоподобными плутонами диорит-гранодиоритовой формации (тындинско-бакаранский комплекс); комагматичные вулканиты в небольшом объеме развиты на восточном фланге пояса

и принадлежат к андезит-дацитовой формации (джелонская свита). Раннемеловая ВПА включает андезит-дацит-риолитовую (магейская свита) и гранодиорит-гранитную (ираканский комплекс) формации, становлению которых предшествовало и сопутствовало накопление мощных угленосных молассовых отложений. Магматизм завершился внедрением штоков лейкократовых гранитов и многочисленных даек.

В отношении месторождений медно-порфирового семейства продуктивны плутониты обеих ВПА. К северному флангу пояса тяготеют многочисленные молибден-порфировые (с небольшим содержанием Au и Cu) проявления (Джалиндинское, Бадис, Дауркачан, Охок, Выходное, Ледяное и др.), к южной половине – медно-молибден-порфировые (Олонгро, Брянтинское, Бачан, Оконон и др.), значительная часть которых вместе с россыпями золота сосредоточена в Верхнебрянтинском рудном районе. С вулканитами андезит-дацит-риолитовой формации ассоциируют немногочисленные золото-полисульфидные (Загадка и др.) и золото-серебряные (Аутгей, Дениска) проявления. Широкое развитие массивов плутонитов двух потенциально рудоносных формаций и сопряженных с ними золотосодержащих молибден-порфировых и медно-молибден-порфировых проявлений позволяет рассматривать Становой ВПП как потенциально перспективный на выявление месторождений этих типов.

На **Северо-Востоке России** в качестве крупных геоструктур, потенциально перспективных на обнаружение медно-порфировых месторождений, выделяются ВПП: андезитоидные – Охотско-Чукотский, Курьинский, Окрано-Пенжинский, Кедонский и базальтоидный – Удско-Мургальский. Подтверждена выявленная ранее потенциальная рудоносность андезит-риодацит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа становления андезитоидных поясов, с плутоногенными членами которой пространственно и парагенетически связаны медно-порфировые месторождения, а с вулканогенными – золото-серебряные. В ареалах развития этой ВПА установлены и оконтурены крупнообъемные комплексные РМС, эквивалентные рудным районам (РР) и рудным узлам (РУ) с пространственно сближенными медно-порфировыми и золото-серебряными рудами.

В юго-восточном звене позднеюрского *Курьинского ВПП* выделяется Баимский РР с самым крупным в России медно-порфировым месторождени-

ем Песчанка, поставленным на Государственный баланс с запасами меди (тыс. т) категорий АВС₁ 2606,2 (среднее содержание Cu 0,83%), С₂ 1124,5 (0,88%) и забалансовыми 1798 (0,52%). Рудный район представляет собой РМС, образованную поздневожжской ВПА с плутонитами рудоносной габбро-монзонитовой формации Екдэгкычского плутона, являющегося основным элементом ее строения. Плутон и его сателлиты, с которыми сопряжены золотосодержащие молибден-медно-порфиновые месторождения Песчанка, Находка, проявления Лучик, Екдэгкыч и др., образуют внутреннюю зону РМС, а вмещающие гидротермально измененные комагматичные вулканиды с золото-полисульфидным месторождением Весеннее – внешнюю.

В северо-западной Хетачано-Кричальской ветви Курьинского пояса выделен Иннахский потенциальный РР, отвечающий ареалу развития рудоносной ВПА в пределах поперечного горст-антиклинального поднятия. Плутонитами габбро-монзонитовой формации сложены массивы Камень Такмыка, Курьячанский, с которыми связаны мощные пиритовые ореолы, золото-кварцевые, золото-кварц-сульфидные жилы и штокверки, проявления медно-порфинового оруденения с содержанием Au до 5,4, Ag 10–50 г/т, Cu 0,01–1,0, Mo до 0,05% и комплексные геохимические аномалии, соответствующие потенциальным рудным полям.

Самый крупный на востоке России – ранне-позднемеловой *Охотско-Чукотский ВПП*, который вместе с предшествующим (позднеюрско-неокомовым) базальтоидным *Удско-Мургальским поясом* является одним из основных элементов строения Северо-Западной Тихоокеанской окраины. Потенциал разных звеньев поясов в отношении выявления медно-порфиновых месторождений заметно различается.

Вулканоплутоническая ассоциация, составляющая основу Удско-Мургальского пояса, включает андезибазальт-андезитовую и габбро-диорит-тоналит(гранодиорит)-плагиогранитную формации; последняя потенциально продуктивна на медно-порфиновые руды. Охотско-Чукотский пояс сформирован в течение двухэтапов альб-сенонского временного диапазона. Вулканоплутоническая ассоциация раннего этапа (альб, частично сенон) образована вулканидами андезитовых и андезибазальтовых формаций, которые сменяются базальт-андезит-дацит-риолитовой и дацит-риолитовой формациями, продуктивными на золо-

то-серебряные месторождения. Плутониты раннего этапа представлены двумя формациями: габбро-диорит-тоналит-гранодиоритовой и габбро-диорит-гранодиорит-гранитной, которые потенциально продуктивны на медно-порфиновые руды. Дацит-риолит-гранодиорит-гранитная ВПА позднего этапа (турон-сенон), как и все последующие магматические формации, по отношению к медно-порфиловым и золото-серебряным месторождениям является послерудной.

Специалистами ЦНИГРИ в пределах металлогенической провинции, отвечающей системе Охотско-Чукотского и Удско-Мургальского ВПП, выделен ряд крупных металлогенических зон – звеньев поясов. В границах зон оконтурены площади в ранге потенциальных медно-порфиловых рудных районов и узлов, для которых характерны положение в относительно поднятых блоках и выступах фундамента ВПП, вмещающих тела плутонитов продуктивных формаций, присутствие медно-порфиловых проявлений, а также скарновых и жильных медных, полиметаллических и золото-полисульфидных, свойственных периферическим частям медно-порфиловых систем.

В *Удско-Джугджурском звене* Алдома-Этанджинский потенциальный РР охватывает выступ фундамента ВПП с крупным одноименным полиформационным плутоном, в строении которого основной объем занимают образования рудоносной диорит-гранодиорит-гранитной формации (джугджурский комплекс). Здесь распространены медно-молибден-порфиловые (Горохан, Усмучанское, Верхнеульинское), молибден-порфиловые (Богатый, Этанджа, Инняхское, Верхнеалдомское, Кивангра) и жильные полиметаллические проявления. В южной части района известны существенно медные (Арбагастакское, Верхнедоринское, Овланжин, Ириска), золото-медные (Назаровское), молибденово-медные (Нюбку) проявления, а в выступе метаморфического субстрата пояса – Етарское и Прибрежное золото-сульфидно-кварцевые месторождения.

В Примагаданском звене на Уптарской и Осенне-Оксинской площадях (РУ) поисковыми работами, в том числе ООО «Станнолит» и ЦНИГРИ, оценены медно-молибден-порфиловые (Уптар, Челябинский) и молибденовые жильные (Оксинское, Усинское, Медвежья Падь) проявления, установлен их непромышленный характер. С учетом этого обстоятельства, а также в целом высокого уровня эрозионного среза, Челомджа-Ямскую зону следует рассматри-

вать как бесперспективную на обнаружение промышленных медно-порфировых месторождений.

В тыловой зоне Охотско-Чукотского пояса на Балыгычанском поднятии в ареале распространения массивов рудоносной габбро-диорит-гранодиорит-адамеллитовой формации по результатам прогнозных исследований ЦНИГРИ с учетом данных предшествующих геолого-съёмочных и геологоразведочных работ выделены потенциальные медно-порфировые рудные узлы. Наиболее перспективны Омчикский с медно-порфировым (Сосед) и серебро-полиметаллическими проявлениями и Верхне-Буюндинский с молибден-медно-порфировыми (Глухариное, Березовское) и золото-полисульфидными в экзоконтактах массива продуктивной формации.

В Кони-Тайгоносской МЗ известен Кони-Пьягинский рудный район с мелким медно-порфировым месторождением Лора, проявлениями Прямой, Викинг и др. Основной элемент его строения – полиформационный Среднинский интрузив, в составе которого присутствуют рудоносные формации Удско-Мургальского и Охотско-Чукотского поясов. Обнаружение медно-порфирового объекта с прогнозными ресурсами категории P_3 ~5 млн т условной меди прогнозируется на участке Тальниковый.

В Вилигинской МЗ в относительно поднятых блоках фундамента Охотско-Чукотского ВПП, содержащих тела плутонов рудоносной формации, в ранге потенциально перспективных оконтурены Вилигинская (с Мосичанским РУ) и Ненкатская площади с медно-порфировыми (Дэгдэнрэкен с участками Пиритовый, Октава) и золотосодержащими полиметаллическими проявлениями. В такой же позиции выделен Вархаламский потенциальный РУ со слабо эродированным золото-медно-порфировым проявлением Перекатное со средним содержанием Cu 0,4%.

На слабо изученной территории *Эвенско-Пареньской МЗ* в ранге потенциальных РР и РУ с перспективами обнаружения медно-порфировых месторождений оконтурены Хивачская, Сумная, Мечивеемская, Иловаамская площади. Наибольшие перспективы у Мечивеемского РУ, в пределах которого Осиновский интрузив продуктивной габбро-диорит-гранодиоритовой формации сопровождается золото-серебро-полисульфидными и медно-порфировыми (Вай) проявлениями. Потенциальное рудное поле отвечает надынтризивной зоне, где с рудоносными порфировыми телами диоритов и гранодиоритов ассоциируют золо-

то-серебряные, золото-серебро-полисульфидные штокверки и жилы, свойственные верхним частям медно-порфировых РМС.

В *Пенжинско-Анадырском звене* образования Охотско-Чукотского пояса на значительных площадях Мургальского и Пекульнейского поднятий перекрывают островодужные комплексы Удско-Мургальского ВПП, а плутоны обоих поясов слагают полихронные плутоны, включающие отложения обеих продуктивных формаций – неокомовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной и альб-сеноманской габбро-диорит-гранодиоритовой. Здесь же на ВПА этих поясов «наложен» палеоен-миоценовый Оклано-Пенжинский ВПП, также ориентированный в северо-восточном направлении [18].

С полиформационными плутонами пространственно и во времени связан ряд слабо изученных медно-порфировых проявлений (Цирковое, Штокверк), а с субвулканическими фациями альб-сеноманской продуктивной формации – золото-серебряные месторождения (Сергеевское) и проявления. В юго-западной части звена выделяется медно-порфировый Цирковый РУ с Ичигемским плутоном в центральной части, а также Хиузно-Ушканьинский, включающий рудоносные ВПА Охотско-Чукотского и Оклано-Пенжинского поясов. С ними связаны медно-порфировые (Тайное) и золото-полисульфидные (Кедровое, Булу, Горное) проявления, характерные для периферии РМС «порфирового типа», геохимические и металлометрические ореолы меди, что определяет перспективы РУ на обнаружение медно-порфировых и сопряженных золото-серебряных месторождений. Рудоносность андезит-диоритовой ВПА Оклано-Пенжинского пояса проявлена в Среднеорловкинской и Кондыревской вулканопольных постройках, вмещающих медно-порфировые и золото-серебряные проявления.

В 2010–2012 гг. в Ольховском потенциальном РР, обладающем признаками крупной РМС с комплексной металлогенией, ЦНИГРИ совместно с ООО «Георегион» проведены поисковые работы на трех перспективных площадях (РУ) – Ольховской, Убиенкинской, Серовской. На Ольховской площади со штоками кварцевых монзонит-порфиров, завершающих становление массивов рудоносной габбро-диорит-гранодиоритовой формации (каварьянский комплекс), ассоциируют медно-порфировые (Ольховское и др.) и золото-полисульфидные (Горное, Косогорненское) проявления. На

Ольховском рудопроявлении оконтурена рудная зона со средним содержанием Cu 0,3%, апробированные прогнозные ресурсы металла категории P_2 составили 500 тыс. т. Перспективы обнаружения медно-порфировых руд на глубоких горизонтах Горного ПРП (Горное и Косогорненское проявления золото-полисульфидных руд), имеют признаки периферийных частей РМС. На Убиенкинской площади выделено и изучено Ракетное ПРП, в пределах которого опробованы три участка. Установлено, что медно-порфировые руды парагенетически связаны с габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формацией впервые выделенного палеоценового ракетного комплекса Окрано-Пенжинского ВПП [14]. По результатам горно-буровых работ оценены прогнозные ресурсы ПРП категории P_2 в количестве 970 тыс. т меди при среднем содержании Cu 0,16% (отнесены к некондиционным). Вместе с тем, необходимо отметить, что другие потенциально перспективные рудные поля Ольховского ПРП – Веткинское, Комаринское Пожарское, Серовское – из-за недостатка объемов поисковых работ практически не изучены.

Танюерский потенциальный РР выделен на северном фланге Пекульнейского поднятия. Медно-порфировые проявления (Базовое, Моренное и др.) локализованы в тоналитах и кварцевых диоритах рудоносной габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации (мургальский комплекс), слагающей основной объем Верхнетанюерского полихронного интрузива. По итогам поисковых работ ЦНИГРИ и ООО «Георегион» на проявлении Базовое оконтурена крутопадающая рудная зона, по которой апробированные прогнозные ресурсы меди категорий P_1+P_2 составили 1,2 млн т при среднем содержании условной Cu 0,51% и бортовом – 0,36%. Потенциал проявления этими ресурсами не исчерпывается. Перспективы выявления промышленных медно-порфировых объектов в обстановках Мургальского и Пекульнейского поднятий оцениваются достаточно высоко.

В восточной прибрежной части *Восточно-Чукотской фланговой зоны* выделяется слабо изученный Чаплинский потенциальный РР, где пространственно тесно связаны медно-молибден-порфировые (Синвеем, Гагачье и др.) и золото-полисульфидные (Хед, Журавленок, Алеут) проявления, ассоциирующие с рудоносной андезит-гранодиоритовой ВПА. Штокверк Гребневой на проявлении Хед, отличающийся наиболее высокими содержанием Cu , Mo , Au , Ag , представляет

медно-порфировый объект с надрудным положением эрозионного среза.

В *Березовской ветви* Охотско-Чукотского ВПП Бургачанский потенциальный РР представляет собой комплексную РМС, во внутренней зоне которой, отвечающей магматогенному поднятию с массивом Медленный рудоносного намындыканского комплекса, размещены непромышленные золото-медно-порфировые и золото-медно-скарновые проявления (Медь-Гора и др.), а в примыкающей к нему вулканотектонической депрессии в вулканитах андезит-риолитовой формации – золото-серебро-полисульфидные. Район перспективен на обнаружение промышленных медно-порфировых объектов на флангах и глубоких горизонтах известных проявлений.

Кедонский ВПП представлен ареалами континентальных вулканитов, плутонитов и вулканогенно-осадочных отложений кедонской серии (D_{2-3}) на Омолонском массиве. Металлогеническая специфика пояса определяется присутствием золото-серебряных, молибден-медно-порфировых и полиметаллических месторождений и проявлений. Наиболее высокая рудоносность отмечается в Южно-Омолонском РР, где в выступах фундамента локализованы массивы плутонитов рудоносных диорит-гранодиорит-граносиенитовой и диорит-тоналит-гранодиорит-гранитовой формаций с медно-молибден-порфировыми (Таборное, Орлиное, Дубль-Южный и др.) и молибден-порфировыми (Вечернее, Хрустальное) проявлениями, а в депрессиях, выполненных вулканитами трахиандезит-риодацитовой формации, – золото-серебряные месторождения (Кубака, Биркачан) и проявления. Тесная пространственная сопряженность близких по возрасту медно-молибден-порфировых и золото-серебряных объектов указывает на возможное присутствие в Южно-Омолонском районе комплексных РМС. В качестве наиболее перспективных на обнаружение медно-порфировых месторождений обозначены Северо- и Южно-Авландинский, Олдьанский и Анмандыканский потенциальные РУ.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективах разновозрастных ВПП Северо-Востока России, прежде всего Курьинского, в меньшей степени Кедонского, на выявление промышленных медно-порфировых объектов. При этом в системе Удско-Мургальский–Охотско-Чукотский ВПП наиболее перспективно Пенжинско-Анадырское звено с оцененными медно-порфировыми проявлениями, менее благоприятны Березовское и

Удско-Джугджурское, в то время как все другие звенья следует рассматривать в качестве зон с неясными перспективами. К этой же категории можно отнести Уяндино-Ясачненский ВПП, в пределах которого известно единственное медно-порфировое проявление Невидимка.

Отметим, что достоверная оценка выявляемых проявлений медно-порфировых и сопряженных золото-серебряных и золото-полисульфидных руд невозможна без постановки ГРР с большими объемами горно-буровых работ. Судя по мировому опыту, для открытия и разведки медно-порфировых месторождений необходимы десятки тысяч, а крупных – сотни тысяч погонных метров бурения. На рассмотренных выше перспективных площадях при поисках 2009–2012 гг. объемы горно-буровых работ (первые тысячи метров) были явно недостаточные, поэтому выявленные медно-порфировые и сопряженные с ними проявления остались недоизученными. Вместе с тем, возможность обнаружения промышленно значимых медно-порфировых месторождений на Северо-Востоке страны в ближайшее время ограничивается неблагоприятными географо-экономическими условиями региона.

В Приамурье и на Сихотэ-Алине позднеюрско-меловой *Умлекано-Огоджинский ВПП* протягивается в субширотном направлении, перекрывая структуры северного фланга Буреинского массива. В его основании выделяется потенциально рудоносная андезит-гранодиоритовая ВПА (J_3-K_1), завершающая становление мезозойских базальтоидных рифтогенных структур Монголо-Охотской системы. В выступах фундамента размещены массивы относящейся к ней диорит-гранодиоритовой формации (верхнеамурский комплекс) с золото-сульфидно-кварцевыми проявлениями. Следующая по времени андезит-монцогранодиоритовая ВПА (K_1) образована вулканитами андезитовой, андезит-дацитовой и дацит-риолитовой формаций с золото-адуляр-кварцевыми месторождениями (Покровское, Буриндинское) и плутонитами габбро-монцодиорит-монцогранодиоритовой (буриндинский комплекс) формации, продуктивной на медно-порфировое оруденение. Поздние андезит-базальтовая, риолит-трахириолитовая и гранит-лейкогранитная формации являются послерудными.

В структуре пояса выделена Умлекано-Огоджинская металлогеническая зона, отнесенная к потенциально перспективной. Апробированные прогнозные ресурсы меди категории P_3 в ее пре-

делах составляют 2000 тыс. т. В Октябрьском и Гонжинском золоторудных районах зоны работами последних десятилетий установлены рудные узлы с проявлениями золотосодержащего молибден-медно-порфирового типа: в Октябрьском – Елна-Адамихинский, Умлекано-Ясачненский, Сохатинский, в Гонжинском – Верхне-Тыгдинский и более крупный по масштабам Бургуликанский. Медно-порфировые проявления ассоциируют с телами порфировых пород, завершающими становление рудоносной монцогранодиоритовой формации.

В Бургуликанском РУ поисковыми работами с участием ЦНИГРИ оконтурено одноименное рудное поле, объединяющее Иканскую, Бургуликанскую и Арбинскую штокверковые рудные зоны. В целом Бургуликанское рудное поле характеризуется медно-порфировым оруденением промышленного уровня и находится в распределенном фонде недр. Елна-Адамихинский РУ включает Порфировое и Меньшиковское потенциальные рудные поля. На последнем из названных полей и выделенном в его пределах участке Елна силами ЦНИГРИ и ОАО «Амургеология» проведены поисковые работы, по результатам которых ресурсы меди категории P_2 Меньшиковского рудного поля оценены в 465 тыс. т при среднем содержании металла 0,2%.

Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП включает магматические породы, отвечающие временному интервалу K_2-N_1 . Особенностью образований пояса является перекрытие их ареалами магматических пород более раннего (позднемелового) Западно-Сихотэ-Алинского ВПП. За счет этого здесь проявлены две андезит-риолит-гранодиоритовые ВПА раннего этапа, потенциально рудоносные в отношении медно-порфировых и золото-серебряных месторождений, – позднемеловая и палеоценовая. Послерудная риолит(игнимбрит)-гранодиорит-гранитная ВПА турона-сантона надстраивает разрез Западно-Сихотэ-Алинского пояса в южном звене, а эоцен-олигоценые и миоценовые формации контрастной базальт-риолитовой серии завершают становление Восточно-Сихотэ-Алинского пояса на всем его протяжении.

Молибден-медно-порфировые проявления (около 30) локализованы в выступах фундамента на западном фланге пояса в ареале развития небольших массивов рудоносной диорит-гранодиорит-гранитной формации. В основном они сосредоточены на Окча-Уктурской (Цокольное, Удомин), Самаргинской (Сухой, Золотой), Звездной

(Верхнезолотой, Янтарный), Максимовской (Нестеровское и др.), Соболиной (Лазурный) площадях, сопоставимых по характеристикам с потенциальными рудными узлами.

В северном звене пояса в Нижнеамурском РР, наряду с золоторудными (Многовершинное, Белая Гора, Бухтыанское) месторождениями, ассоциирующимися с палеоценовой андезит-дацитовый формацией, известны и медно-порфировые проявления (Тырское, Попутное), сопряженные с мелкими дайками и штоками диоритов, монцодиоритов и гранодиорит-порфиров палеоценового бекчиулского комплекса. Расположенный в экономически освоенном регионе Нижне-Амурский РР, включающий разрабатываемые золоторудные месторождения Многовершинное и Белая Гора, изучен в основном до глубины около 300 м. По ряду характеристик эти и другие объекты района обладают признаками периферических частей РМС «порфирового» типа, во внутренних зонах которых могут прогнозироваться медно-порфировые руды.

Западно-Сихотэ-Алиньский ВПП, протягивающийся параллельно Восточно-Сихотэ-Алиньскому, состоит из отдельных вулканических и плутологических ареалов, контролирующихся зонами Центрально- и Западно-Сихотэ-Алиньского глубинных разломов. Позднемеловая ВПА, продуктивная на золото-серебряные и медно-порфировые руды, образована андезитовой, андезит-риодацитовый и диорит-гранодиорит-гранитной формациями. Медно-порфировые проявления – Маноминское, Правобарахтинское, Левый Чуи, Малахитовое, Хвощевое и др. вместе с рудоносными интрузивами локализованы в выступах фундамента пояса.

Перспективы выявления в Западно-Сихотэ-Алиньском поясе промышленных медно-порфировых объектов стали очевидными в связи с недавним открытием в его северной части золото-медно-порфирового месторождения Малмыж, ассоциирующего со штоками и дайками порфировых гранодиоритов и кварцевых диоритов. На уровне современной изученности месторождения суммарные прогнозные ресурсы категорий P_1+P_2 оцениваются в 4,9 млн т меди и 266 т золота при средних содержаниях 0,3–0,4% Cu и 0,1–0,3 г/т Au соответственно [13]. В этом же районе в последние годы установлены золото-медно-порфировое проявление Кантагар, золото-медные проявления Кентавр, Ангочикан, Чульбаткан, а в качестве потенциально перспективного на медно-порфировые руды ФГУП «Дальгеофизика» выдвинут

Ямтульский РУ с авторской оценкой прогнозных ресурсов категории P_3 меди 3 млн т, золота 160 т.

Перспективен также Дагды-Сандинский потенциальный РР, в пределах которого рудоносная ВПА сопровождается медно-порфировыми, молибден-медно-порфировыми (Ночное, Сухое, Оуми, Верхнееарсеньевское), золото-серебряными (Телеучинское, Копи, Галечное, Молодое) проявлениями. Совместное их нахождение говорит о возможном присутствии здесь комплексных РМС, основными рудами в которых могут быть медно-порфировые. В южной части пояса выделяется Сидиминский потенциальный РУ с одноименным полиформационным плутоном, включающим штоки и дайки рудоносной позднемеловой диорит-гранодиорит-гранитной формации. По результатам поисковых работ небольшого объема оконтурено Хвощевое потенциальное рудное поле с молибден-медно-порфировыми проявлениями, а в 15 км северо-восточнее – Амхалгинская площадь, перспективная на обнаружение скрытых медно-порфировых залежей.

Приведенные данные показывают, что в рассматриваемом регионе наиболее перспективен на обнаружение медно-порфировых месторождений Западно-Сихотэ-Алиньский ВПП, менее – Умлекано-Огоджинский. В Восточно-Сихотэ-Алиньском поясе вероятность открытия промышленных медно-порфировых объектов реальна для его западного и северного флангов, включающих выступы фундамента с массивами продуктивной формации и медно-порфировыми проявлениями. Известные здесь также Хингано-Буреинский (K_{1-2}) и Ханкайский (Р) ВПП отнесены к числу неперспективных, поскольку не содержат плутолитов продуктивных формаций и медно-порфировых проявлений.

На Камчатке с запада на восток сменяют друг друга следующие ВПП (от ранних к поздним): базальтоидный Ирунейско-Кирганикский, андезитоидные Пенжинско-Западно-Камчатский, Корякско-Центрально-Камчатский и Олюторско-Восточно-Камчатский, протягивающиеся в субмеридиональном направлении.

Позднемеловой – палеоценовый *Ирунейско-Кирганикский базальтоидный ВПП* включает вулканы базальт-андезитобазальтового состава верхней части разреза ирунейской и всего объема кирганикской свиты, а также сопровождающие их плутолиты габбро-плагиогранитной и габбро-сиенитовой формаций. Щелочные и субщелочные калиевые вулканы кирганикской свиты и ассо-

цирующие с ними интрузивно-субвулканические тела образуют позднемеловую – палеоценовую ВПА, состоящую из базальт-трахибазальт-трахиандезитовой и пироксенит-эссексит-шонкинитовой формаций. Последняя продуктивна на золото-медные (с Au) прожилково-вкрапленные руды, формирование которых связано с существенно щелочным базальтоидным магматизмом [3]. Основная часть золото-медных проявлений (Кирганикское месторождение, рудопроявления Позднее, ручья Хим, Сухое) сосредоточена в Хим-Кирганикском РР, где выделяются Хим-Кирганикский и Шаромский прогнозируемые рудные узлы. По Кирганикскому месторождению апробированы прогнозные ресурсы категории P_1 в количестве 480 тыс. т меди, а по рудному полю – категории P_2 – 425 тыс. т. Они могут быть увеличены за счет изучения флангов и глубоких горизонтов. Возможность обнаружения других месторождений «кирганикского типа» ограничена в связи с перекрытием образований Ирунейско-Кирганикского ВПП, в том числе плутонов рудоносной формации, более молодыми отложениями.

Корякско-Центрально-Камчатский ВПП – наиболее крупный в регионе. Продукты раннего этапа представлены миоценовой рудоносной андезит-диоритовой ВПА, в составе которой андезит-дацитовая формация продуктивна на золото-серебряные руды и сопровождается промышленными месторождениями, а габбро-диорит-гранодиоритовая (лавкинский комплекс) – на медно-порфиновые. С плиоценовым ритмом связано накопление вулканитов андезибазальтовой формации.

Медно-порфиновые проявления, ассоциирующие с рудоносными интрузивами, в основном размещены в Срединном выступе фундамента в Хим-Кирганикском РР (Лагерное, Лазурное, Туманное) и Андриановско-Крутогоровском потенциальном РУ (Малахитовое и др.), а также к югу от него (Кагнисин, Воеводское, Красногорское). Для Андриановско-Крутогоровского РУ апробированы прогнозные ресурсы меди категории P_3 в объеме 4000 тыс. т. В центральной части пояса в ареале развития массивов рудоносной диорит-гранодиоритовой формации выделяются несколько потенциальных рудных узлов с перспективами обнаружения медно-порфиновых месторождений: Венявямский с Сиганектанским медно-порфировым проявлением; Тыклявямский с золото-полисульфидным проявлением Амбух в аргиллизитах и вторичных кварцитах с высоким содержанием Pb,

Zn, Cu, Mo, Au, Ag; Шаманкинский; Тымлатский, рассматривающийся как РМС с зональным распределением золото-медно-порфировых и золото-серебро-полисульфидных проявлений.

Вблизи северного замыкания пояса перспективы обнаружения скрытых медно-порфировых месторождений обосновываются ЦНИГРИ для Малетойваямского РУ с проявлениями медно-мышьяковой (энаргит-люционитовой) минерализации, свойственной верхним частям медно-порфировых систем, а также медно-порфировой (Юбилейное, Октябрьское и др.) в телах миоценовых диоритов. Потенциальная перспективность Малетойваямского РУ на медно-порфировый тип руд оценивается положительно [1].

Олюторско-Восточно-Камчатский ВПП протягивается вдоль восточного побережья Камчатки. Ранняя олигоцен-миоценовая андезит-диоритовая ВПА, аналогичная выделяемой в Корякско-Центрально-Камчатском поясе, сопровождается проявлениями золото-серебро-полиметаллического типа (Мутновское, Китхойское), а также многочисленными медно-порфировыми в мелких телах диоритов-гранодиоритов. Со следующей за ней миоцен-плиоценовой андезит-дацит-риолитовой формацией сопряжены золото-серебряные месторождения (Асачинское, Банное, Родниковое и др.), составляющие основу рудного потенциала Южно-Камчатского района.

В качестве возможного медно-порфирового объекта наиболее полно изучено Кумрочское рудное поле, размещенное в ареале небольших тел продуктивной диорит-гранодиоритовой формации в одноименном палеоподнятии. На месторождении Кумроч бурением оконтурены промышленно значимые золото-серебро-полиметаллические руды, однако сменяющая их на глубоких горизонтах штокверковая золото-молибден-медно-порфировая минерализация имеет незначительный объем.

В северо-восточном звене Олюторско-Восточно-Камчатского ВПП выделяется Белогорский потенциальный РУ, в центре которого находится крупная вулканоструктура, сформированная в ходе становления потенциально рудоносной миоценовой андезит-дацитовой формации в относительно поднятом блоке фундамента. Распределение рудной минерализации, представленной медно-порфировым, золото-серебряным и жильно-штокверковым полиметаллическими типами, а также проявлениями мышьяка и сурьмы на южном флан-

ге, подчинено вертикально-латеральной зональности, свойственной комплексным РМС с медно-порфировыми рудами во внутренней зоне, и отражает надрудное положение эрозионного среза.

Изложенное показывает, что наибольшие перспективы обнаружения промышленных медно-порфировых объектов имеются в Корякско-Центрально-Камчатском ВПП, значительная часть которого сформирована на выступах фундамента с благоприятными геоструктурными обстановками для образования медно-порфировых РМС. Вместе с тем, с учетом весьма низкого уровня изученности большинства прогнозируемых рудных узлов, данных для объективной оценки перспектив этого, а также Олюторско-Восточно-Камчатского ВПП на медно-порфировые руды на всем их протяжении недостаточно. Пенжинско-Западно-Камчатский ВПП из-за незначительного объема рудоносных интрузивов и связанных с ними медно-порфировых проявлений не перспективен на выявление промышленных объектов этого типа.

Таким образом, возможность обнаружения медно-порфировых месторождений, в том числе крупных, на территории России достаточно высока. В первую очередь, она связана с изучением перспективных и потенциально перспективных провинций и зон (см. рисунок), а также выделенных рудных районов, узлов и проявлений. При этом с учетом инфраструктурного развития тех или иных регионов, наличия в них горнорудного производства и возможностей ускоренного вовлечения медно-порфировых объектов в эксплуатацию в качестве приоритетных для их поисков и оценки могут рассматриваться территории Урала и Приамурья, в меньшей степени Забайкалья и Тувы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчков А.Г., Звездов В.С. Природа проявлений медно-мышьяковой минерализации Малетойваямского стратовулкана // Руды и металлы. 1997. № 5. С. 44–52.
2. Грабежев А.И. Рениеносные медно-порфировые рудно-магматические системы Урала: геологическое положение, изотопно-петрогеохимическая и возрастная латеральная зональность // Литосфера. 2012. № 4. С. 190–207.
3. Звездов В.С. Геология и генезис Кирганикского золото-медного месторождения Камчатки // Отечественная геология. 1997. № 5. С. 13–17.
4. Звездов В.С. Крупные и сверхкрупные месторождения медно-порфирового семейства в ранговых рядах запасов и содержаний // Отечественная геология. 2005. № 2. С. 46–56.
5. Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Прогностно-поисковые модели комплексных рудномагматических систем вулканоплутонических поясов Востока России // Отечественная геология. 2011. № 3. С. 13–21.
6. Звездов В.С., Минина О.В. Рудно-магматические системы вулканоплутонических поясов Востока России // Руды и металлы. 2010. № 1. С. 48–59.
7. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983.
8. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
9. Кривцов А.И., Звездов В.С., Минина О.В., Мигачев И.Ф. Медно-порфировые месторождения. Сер. Модели месторождений цветных и благородных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 2001.
10. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
11. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфировые месторождения мира. – М.: Недра, 1986.
12. Крупные медно-порфировые рудно-магматические системы и их геотектоническая позиция / О.В.Минина, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев и др. – М.: ВИЭМС. МГП «Геоинформмарк», 1991. Вып. 6.
13. Малмыж – новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.Ф.Читалин, А.А.Ефимов, К.И.Воскресенский и др. // Минеральные ресурсы России. 2013. № 3. С. 65–69.
14. Медно-порфировые проявления Юго-Западной Чукотки и перспективы обнаружения промышленных объектов / А.В.Андреев, О.В.Авилова, В.Е.Васюков, В.С.Звездов и др. // Отечественная геология. 2014. № 6. С. 32–47.
15. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, М.М.Константинов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
16. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов». Вып. «Медь» / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

17. Мигачев И.Ф. Металлоносность рудно-магматических систем – прогнозы и их реализация // Базовые доклады «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей – достижения и перспективы». Научно-практическая конференция. М., 2006. С. 47–57.
18. Мигачев И.Ф., Минина О.В., Звездов В.С. Мезокайнозойские вулканоплутонические пояса – новая перспективная медно-порфировая провинция Юго-Западной Чукотки // Отечественная геология. 2014. № 6. С. 12–23.
19. Оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка, никеля, кобальта. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / А.И.Кривцов, М.Б.Бородаевская, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ. 1986. Ч. VI.
20. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта / М.Б.Бородаевская, А.И.Кривцов, А.П.Лихачев и др. – М.: Недра, 1987.
21. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, Е.М.Аксенов и др. – М.: ЦНИГРИ, 2010.
22. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, М.М.Константинов, В.В.Кузнецов и др. // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 11–31.
23. Corbett G.J., Leach T.M. Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration and mineralization // Soc. of Econ. Geol., Spec. Pub. 1998. № 6.
24. Discovery of the high-grade Wafi-Golpu Au-Cu porphyry deposit, Morobe Province, Papua New Guinea / F. MacCorquodale, A. Harris, M. Humphries et al. // 34th International Geological Congress. Proceedings. Brisbane, Australia. 2012.
25. Evolution of magmatic vapor to gold-rich epithermal liquid: the porphyry to epithermal transition at Nevados de Famatina, Northwest Argentina / C. Pudack, W.E. Halter, C.A. Heinrich et al. // Econ. Geol. 2009. Vol. 104. N 4. P. 449–477.
26. Gustafson L.B., Vidal C.E., Pinto R., Noble D.C. Porphyry-Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Peru // Andean Metallogeny: New Discoveries, Concepts, and Updates. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2004. N 11. P. 279–299.
27. Longo A.A., Dilles J.H., Grunder A.L., Duncan R. Evolution of calcic-alkaline volcanism and associated hydrothermal gold deposits at Yanacocha, Peru // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 1191–1241.
28. Migachev I.F. Complex ore nodes of marginal volcano-plutonic belts and their geological setting // Resource Geology Special Issue. 1993. N. 15. P. 199–209.
29. Muntean J.L., Einaudi M.T. Porphyry gold deposits of the Refugio district, Maricunga belt, Northern Chile // Econ. Geol. 2000. Vol. 95. P. 1445–1472.
30. Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. Linkages between volcano-tectonic settings ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits // Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rules and witnesses or processes within the Earth. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2003. N 10. P. 315–343.
31. Spatial and temporal relationships between hydrothermal alteration assemblages at the Palinpinon geothermal field, Philippines – Implications for porphyry and epithermal ore deposits / A.J. Rae, D.R. Cooke, D. Phillips et al. // Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rules and witnesses or processes within the Earth. Society of Economic Geologists. Special Publication. 2003. N 10. P. 223–246.
32. Teal L., Benavides A. History and Geologic Overview of the Yanacocha Mining District, Cajamarca, Peru // Econ. Geol. 2010. Vol. 105. P. 1173–1190.
33. The geology and genesis of the telescoped Wafi-Golpu porphyry-epithermal system, Papua New Guinea / M. Rinne, D. Cooke, A. Harris et al. // 34th International Geological Congress. Proceedings. Brisbane, Australia. 2012.

ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА РОССИИ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Михайлов Борис Константинович
mikhailov@tsnigri.ru

Иванов Анатолий Иннокентьевич
a.ivanov@tsnigri.ru

Вартанян Сергей Серопович
vartanyan@tsnigri.ru

Беневольский Борис Игоревич
benbor@tsnigri.ru

PROBLEMS OF RUSSIA'S MINERAL RESOURCE BASE OF GOLD

FSUE TsNIGRI

B.K.Mikhailov

A.I.Ivanov

S.S.Vartanyan

B.I.Benevolsky

Рассмотрены состояние запасов и прогнозных ресурсов золота Российской Федерации, их распределение по федеральным округам. Приведены данные по основным типам месторождений золота, состоянию подготовки запасов и добычи золота за последние годы. Обосновывается недостаточная обеспеченность РФ запасами и прогнозными ресурсами золота, что обуславливает необходимость усиления геологоразведочных работ на золото в приоритетных направлениях.

Ключевые слова: золото, минерально-сырьевая база, добыча, геологоразведочные работы.

The current state of gold reserves and inferred resources in the Russian Federation and their distribution by federal districts are considered. Data are provided on main types of gold deposits and the current state of reserve development and production in recent years. The need to enhance gold exploration efforts is substantiated, and their priority areas are proposed.

Key words: gold, mineral resource base, production, exploration.

Минерально-сырьевая база (МСБ) золота Российской Федерации (табл. 1) – одна из крупнейших в мире. По запасам золота (около 12,7 тыс. т) страна занимает второе, после ЮАР, место. Учетные прогнозны ресурсы золота также весьма значительны (P_1+P_2 16,5 тыс. т, P_3 23,6 тыс. т) и определяют обширные перспективы новых открытий. Соответственно такой масштабной МСБ золота Россия занимает лидирующие позиции в мире и по его добыче, и производству (четвертое место после КНР, Австралии, США). Имеются все основания надеяться, что в 2015 г. будет преодолен 300-тонный рубеж добычи (погашения в недрах) и, в первую очередь, за счет активного вовлечения в разработку собственно золоторудных месторождений на Дальнем Востоке и юге Сибири (табл. 2).

Между тем считать, что проблем с сырьевым обеспечением золотой подотрасли не существу-

ет – глубокое заблуждение. В настоящее время большая часть коренных месторождений отнесена к распределенному фонду (рис. 1); в перечне нераспределенных запасов золота России (около 25%) основная доля принадлежит бедным рудам гигантского месторождения Сухой Лог в Иркутской области. Кажущееся благополучие МСБ россыпного золота обусловлено доминированием в нераспределенном фонде заведомо нерентабельных для отработки (глубокозалегающих, обводненных и т.д.) запасов.

За последние 10–12 лет в результате планомерных геологоразведочных работ (ГРР) за счет федерального бюджета при использовании принципов программно-целевого планирования удалось значительно нарастить ресурсный потенциал золота России (табл. 3), прежде всего, наиболее перспективных провинций на востоке страны (рис. 2). Значительная часть этих ресурсов

1. Состояние МСБ золота России на 01.01.2013 г.

Типы месторождений	Запасы по категориям, тыс. т			Прогнозные ресурсы по категориям, тыс. т			Распределенный фонд запасов, %
	ABC ₁	C ₂	ABC ₁ C ₂	P ₁	P ₂	P ₃	
Золоторудные	4,8	3,3	8,1	5,2	10	23,5	64
Россыпные	1,1	0,15	1,25	0,7	0,6	0,15	44
Комплексные (медные, никелевые и др.)	2,1	1,2	3,3				86
Общие	8,0	4,7	12,7	5,9	10,6	23,65	

2. Распределение запасов коренных месторождений золота по федеральным округам

Федеральные округа	Запасы ABC ₁ C ₂ , т/%	Распределенный фонд, т/%
Северо-Западный	35/0,4	35/0,4
Приволжский	113/1,5	64/0,8
Уральский	271/3,3	226/2,8
Сибирский	3906/48,1	1660/20,5
Дальневосточный	3785/46,7	3240/40,0
Всего	8110/100	5226/100

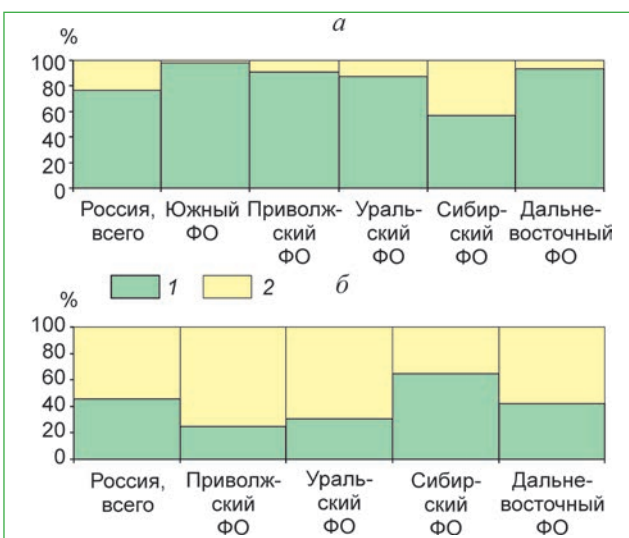


Рис. 1. Вовлеченность запасов категорий ABC₁C₂ месторождений коренного (а) и россыпного (б) золота в лицензирование:

1 – распределенный фонд; 2 – нераспределенный фонд

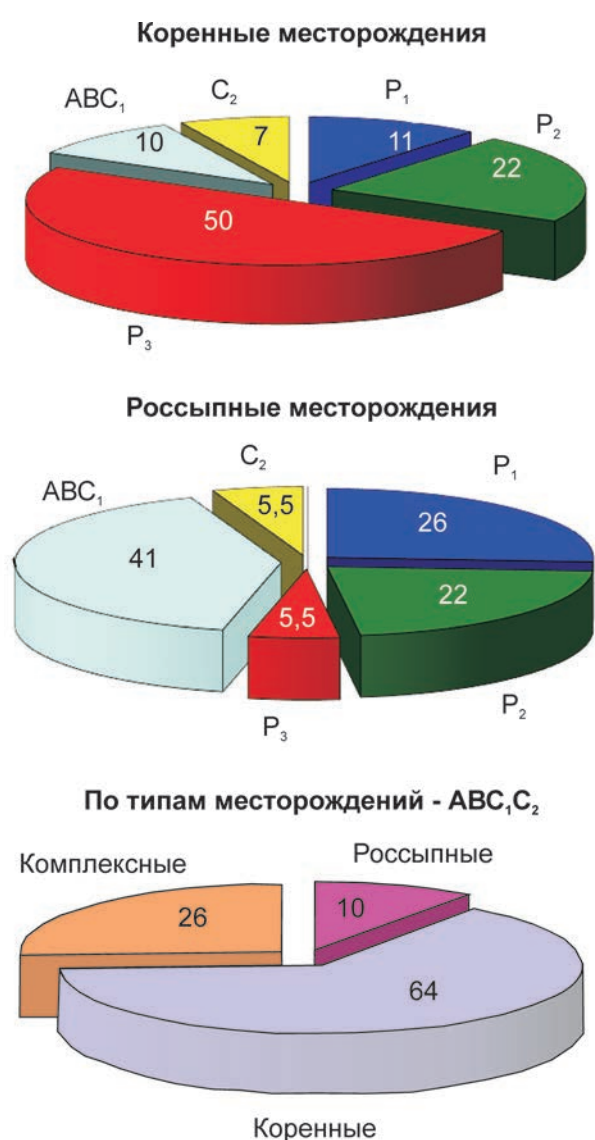


Рис. 4. Структура минерально-сырьевой базы золота, %

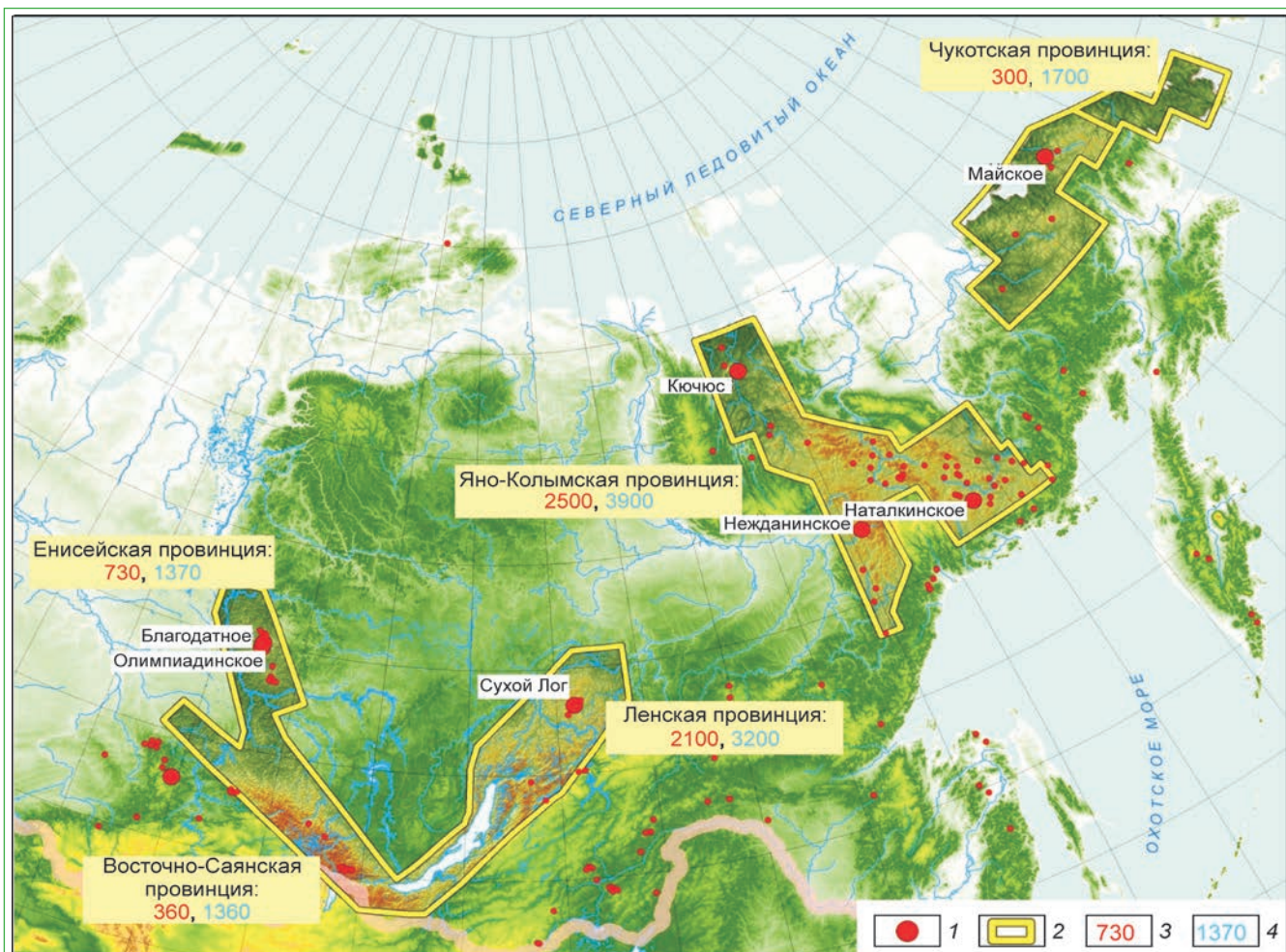


Рис. 2. Перспективные провинции создания ключевых зон добычи золота:

1 – крупные и уникальные месторождения золота; 2 – площади работ по изучению золотоносности черносланцевых комплексов; 3 – запасы, т; 4 – ресурсы, т

3. Прогнозные ресурсы коренных месторождений золота Российской Федерации на 01.01.2014 г., т

Федеральные округа	Категории								
	P ₃			P ₂			P ₁		
	Нераспределенный фонд	Распределенный фонд	Всего	Нераспределенный фонд	Распределенный фонд	Всего	Нераспределенный фонд	Распределенный фонд	Всего
Северо-Западный	834	306	1140	48	65	113	15	27	42
Северо-Кавказский	255	0	255	457	52	509	31	10	41
Южный	105	0	105	57	82	139	13	0	13
Приволжский	516	439	955	386	124	510	82	40	122
Уральский	1048	182	1230	787	252	1039	93	202	295
Сибирский	8613	1896	10 509	2424	1208	3633	1539	1095	2634
Дальневосточный	7933	1378	9311	2209	2198	4408	743	1452	2196
Всего	19 305	4201	23 506	6370	3983	10 354	2517	2827	5345

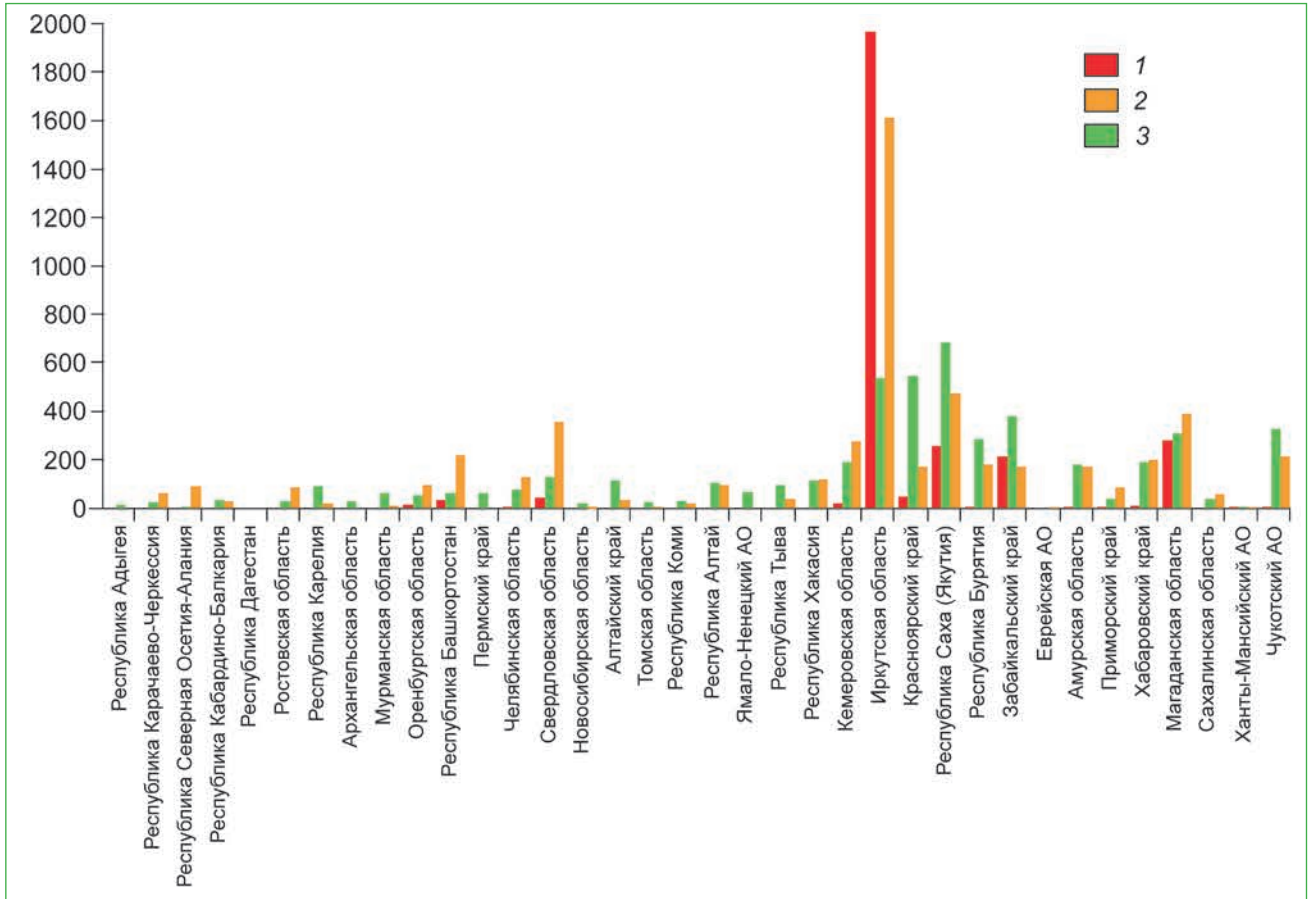


Рис. 3. Структура нераспределенного фонда недр по золоту:

1 – балансовые запасы; прогнозные ресурсы, приведенные к P_1 ; 2 – $P_1 + 0,5 \cdot P_2$, 3 – $P_3 \cdot 0,25$



Рис. 5. Средние содержания золота в утвержденных запасах коренных месторождений РФ за 1992–2010 гг.:

1 – число месторождений; 2 – тренд средних содержаний; среднее содержание: в осваиваемых мировых месторождениях 1,06–1,6 г/т, в балансовых запасах РФ на 2013 г. 2,5 г/т

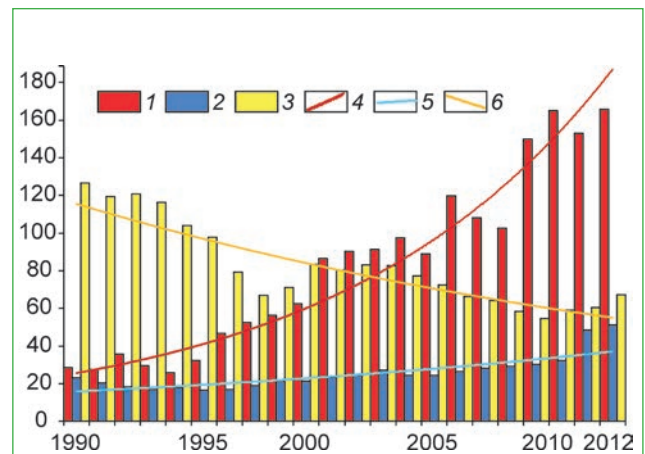


Рис. 6. Динамика добычи золота по РФ, 1990–2012 гг.:

месторождения: 1 – коренные, 2 – комплексные, 3 – россыпные; тренды: 4 – коренные, 5 – комплексные, 6 – россыпные

находится в нераспределенном фонде недр (P_1 47%, P_2 61%). Структура нераспределенного фонда запасов и прогнозных ресурсов (рис. 3) характеризуется преобладанием бедных и сложных в технологическом отношении руд; основная их часть сконцентрирована в одном сверхкрупном объекте – месторождении Сухой Лог в Иркутской области.

Таким образом, созданной к настоящему времени МСБ золота России свойственно резкое преобладание коренных собственно золоторудных месторождений, которые и составят основу ее золотодобывающей промышленности на многие десятилетия вперед (рис. 4).

В доказанных запасах РФ (в недрах) среднее содержание Au за 1991–2012 гг. снизилось с 4,3 до 2,5 г/т (в 1,8 раза) (рис. 5), при этом руды большеобъемных месторождений углеродисто-терригенных комплексов составляют <70% со средним содержанием Au 1,7–2,4 г/т, т.е. сопоставимы или выше среднемирового уровня (1,06–1,6 г/т). Общее число учтенных месторождений коренного золота в рассматриваемый период возросло со 175 до 339.

Распределение добычи и производства золота за 2012 г. по типам месторождений и их местоположению показано в табл. 4. Как видно, погашение запасов золота в недрах существенно отличается от его производства – суммарные потери золота достигают 24%, преимущественно из-за несовершенства применяемых технологических решений, меньшую долю составляют потери при добыче.

Анализируя состояние добычи и производства золота с 1991 по 2012 гг., следует отметить, что в этот период в отработке находились в основном лучшие коренные и россыпные месторождения, подготовленные еще в советское время. Если в начале 90-х годов доля добываемого золота из собственно коренных месторождений не превышала 16–18% (рис. 6), то к настоящему времени она закономерно возросла до 70% и в дальнейшем, в силу исчерпания запасов россыпного золота, сохранит рост. Средние содержания Au в руде превышали среднемировые в 2–2,5 раза, коэффициент его сквозного извлечения составлял 85–95%. За это время из недр добыто 4088 т (погашение в недрах за счет добычи с учетом потерь при добыче составило 4179 т), а произведено 3567 т золота. Таким образом, общие потери при производстве золота из лучших собственных золоторудных месторождений составили 612 т, в том числе за

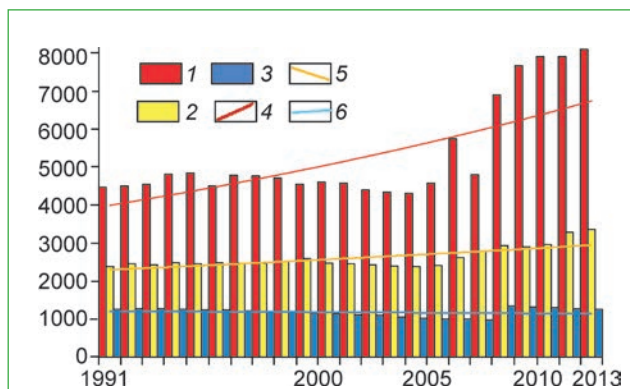


Рис. 7. Динамика запасов золота по РФ, 1990–2012 гг., т:

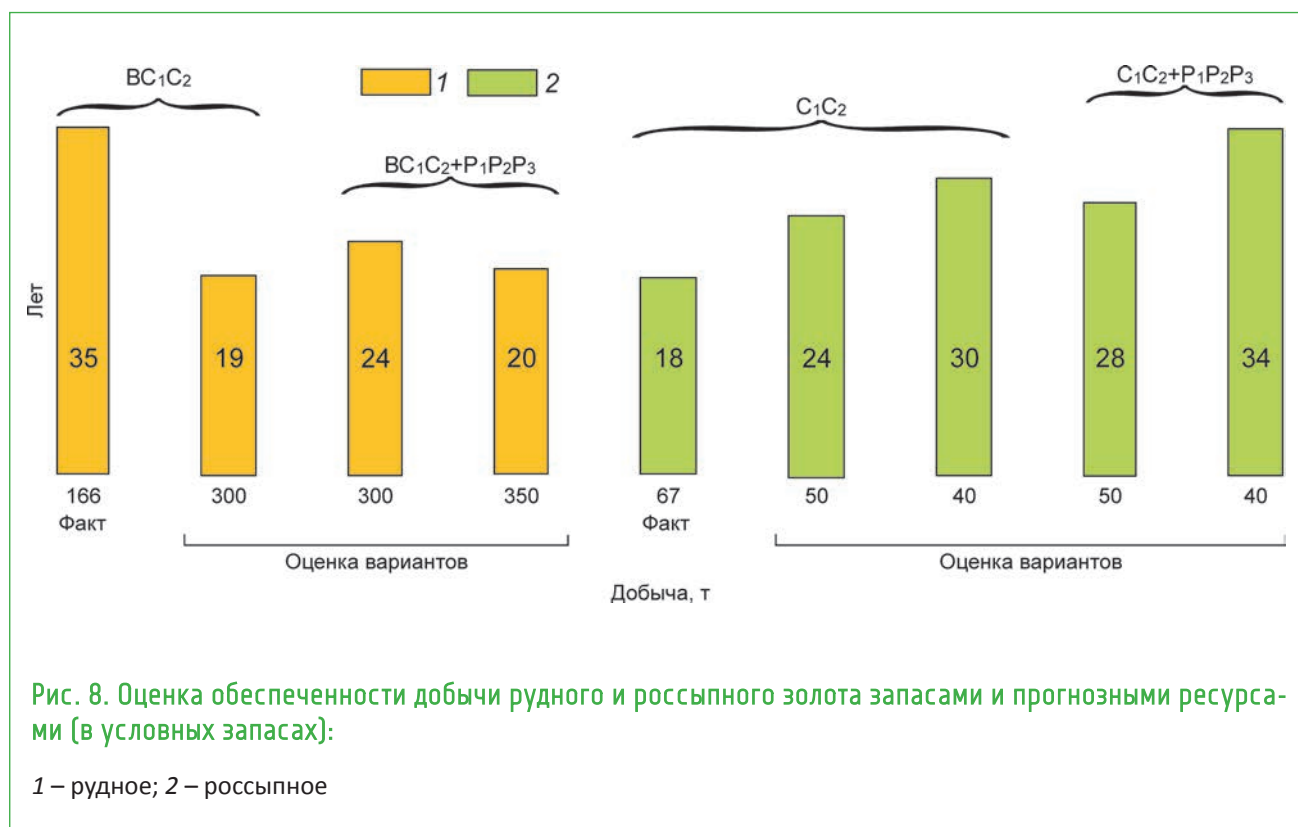
месторождения: 1 – коренные, 2 – комплексные, 3 – россыпные; тренды: 4 – коренные, 5 – комплексные, 6 – россыпные

счет применения несовершенных технологий – 521 т (~13%). Еще большие потери золота (60–85%) связаны с рудами комплексных месторождений. Причина та же – несовершенство технологий обогащения и извлечения.

В период 1995–2006 гг. динамика изменения балансовых запасов золота (с учетом погашения в недрах и получаемых приростов) в стране характеризуется существенной их убылью – око-

4. Добыча золота России за 2012 г.

Добыча, т		
Золоторудные	166	58,3%
Россыпные	67,4	23,7%
Комплексные	51,3	18%
Всего	287,7	100%
Производство, т		
Из руд и концентратов	213,3	96,2%
Из вторсырья	8,5	3,8%
Всего	221,8	100%
Распределение добычи коренного золота по федеральным округам, т		
Приволжский	1	0,6%
Уральский	15	9,0%
Сибирский	73	44,0%
Дальневосточный	77	46,4%
Всего	166	100%



ло 946 т (рис. 7). В то же время с 2007 по 2012 гг. наблюдается значительный прирост запасов – до 2420 т. Несложно подсчитать, что в результате планомерных ГРП с учетом переоценки отдельных месторождений суммарный прирост запасов золота в стране за постсоветский период составил 1970 т и достиг параметров расширенного воспроизводства. Основной объем приращиваемых запасов обеспечен в Дальневосточном и Сибирском регионах за счет сложных в технологическом отношении бедных и убогих руд (средние содержания 1,8–2,6 г/т) так называемых большеобъемных месторождений золота в углеродисто-терригенных комплексах. Вовлечение их в разработку с использованием традиционных технологий несет высокие риски увеличения потерь – в 2–3 раза (до 25–35% и более) и, соответственно, существенного снижения экономических показателей производства.

За рубежом основной источник золота – руды с низким его содержанием (1,06–1,6 г/т), сложные в технологическом отношении. Тем не менее, коэффициент сквозного извлечения за счет применения современных технологий в среднем составляет 95% (статистические данные по 125 месторождениям).

Одна из причин крупных потерь золота при разработке лучших «советских» месторождений – определенный технологический консерватизм, обусловленный сохранением и применением технологических решений того времени, с одной стороны, и недостаточно жесткий контроль органов исполнительной власти за использованием современных технологических решений при согласовании проектов на разработку месторождений – с другой. Результатом негативных последствий такой политики, в частности, является прогрессирующее накопление техногенных отходов с промышленными содержаниями полезных компонентов и нередко экологически опасных.

В то же время, обеспеченность запасами золотосодержащих руд при разных уровнях ежегодной добычи вызывает серьезную озабоченность (рис. 8), так как близка к критической для любого горнодобывающего производства – в условиях реального увеличения и прогнозируемого роста до 300–350 т золота в год обеспеченность (даже с учетом потенциала прогнозных ресурсов) не превышает 20 лет.

Таким образом, буквально через 15–20 лет вместо реально возможного увеличения производства золота страна столкнется с

обратной картиной. И, как было сказано, причиной тому послужат недостаточное внимание к технологическим аспектам, а также необоснованное снижение объемов ГРР по воспроизводству МСБ коренного золота как со стороны государства, так и частных компаний. Более того, если принять во внимание, что за рубежом применяется иная система классификации и учета запасов, рассматривающая в качестве объекта учета и инвестиций эксплуатационные запасы (в противоположность геологическим запасам в недрах РФ), то при определении своего места в мире нам необходимо использовать соответствующий понижающий коэффициент на различного рода потери и разубоживание (оценочно – не менее 25%). Снижение этого коэффициента должно стать одной из главных задач всех субстанций недропользования, поскольку в его сути заложены очень многие негативные последствия (финансово-экономические, экологические, геологические), связанные с повышением инвестиционной привлекательности объектов учета Государственным балансом запасов и Кадастром прогнозных ресурсов, определением задач поисков по новым объектам.

Стратегией развития геологической отрасли России до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г., № 1039-р) после 2020 г. не предусмотрено использование средств федерального бюджета на проведение поисковых и оценочных работ, в том числе на золото. Однако, исходя из вышеизложенного с учетом проблемного состояния МСБ золота как наиболее ликвидного металла и снижения в последние годы инвестиций частных компаний в поисковые и оценочные работы, целесообразно рассматривать перспективные направления

развития МСБ золота за счет средств федерального бюджета и после 2020 г. В противном случае это неизбежно приведет к снижению объемов воспроизводства запасов золота и, соответственно, – добычи его в стране.

Конкретные предложения по перспективным направлениям развития МСБ золота России заключаются в следующем.

1. В качестве приоритетных направлений геологоразведочных работ на золото предлагаются:

поиски крупнообъемных месторождений в терригенных (черносланцевых) комплексах, золото-медно-порфировых, золото-порфировых, золото-серебряных в вулканогенных комплексах с богатыми легкообогатимыми рудами;

продолжение работ по изучению экзогенной золотоносности нетрадиционных типов – кор выветривания и россыпей с тонким и мелким золотом (включая техногенные образования) в районах традиционной золотодобычи.

2. Подготовка площадей для поисковых работ в процессе проведения следующих видов исследований на основе программно-целевого планирования:

тематические работы по обобщению и анализу имеющихся геолого-геофизических и геохимических материалов (с полевой заверкой) в целях выделения перспективных рудных узлов и площадей;

общие поиски м-ба 1:50 000 в пределах перспективных рудных узлов и площадей.

3. Проведение технологических исследований по повышению извлечения золота из сульфидных, в том числе углеродистых, руд, разработке технологий переработки техногенных отходов горнорудных предприятий.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ – ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УПОРНЫХ И БЕДНЫХ РУД БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Седельникова Галина Васильевна
gsedelnikova@mail.ru

Романчук Александр Ильич
romantchouk@yandex.ru

Ким Дмитрий Хаксунович

Савари Евгения Евгеньевна

Ивановская Виктория Петровна

Никулин Александр Иванович

EFFICIENT ORE PROCESSING TECHNIQUES AS A BASIS OF PROGRESS IN INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF RESISTANT AND LOW-GRADE ORES OF PRECIOUS AND BASE METALS

G.V.Sedelnikova

A.I.Romanchuk

D.Kh.Kim

E.E.Savari

V.P.Ivanovskaya

A.I.Nikulin

Снижение качества минерального сырья – повышение доли бедных и упорных руд, для которых применение традиционных технологий малоэффективно, обуславливает необходимость разработки новых более совершенных методов переработки руд, обеспечивающих получение высоких показателей извлечения ценных и попутных компонентов, снижение затрат на их переработку и охрану окружающей среды. Использование эффективных технологий позволяет повысить инвестиционную привлекательность месторождений и ускорить темпы их освоения.

В ЦНИГРИ разрабатываются и широко используются прогрессивные методы и мето-

Приведены результаты исследований по разработке эффективных технологий переработки упорных и бедных руд благородных и цветных металлов с применением методов крупнокусковой фотометрической сепарации, кучного выщелачивания золота, бактериального окисления упорных золотосодержащих концентратов, кучного бактериального окисления упорных золото-сульфидных руд и техногенных отходов, ультразвуковой обработки.

Ключевые слова: упорные, бедные руды, концентраты, техногенные отходы, фотометрическая сепарация, кучное выщелачивание, бактериальное окисление, ультразвуковая обработка.

Results of development of the resistant and low-grade base and precious metal ore processing techniques and methods using the photometric separation and heap leaching of gold, bacterial oxidation of resistant gold concentrate, bacterial heap leaching of resistant Au-sulfide ore and the ultrasonic treatment refuse materials.

Key words: resistant low-grade ore, concentrate, technologic refuse, photometric separation, heap leaching, bacterial oxidation, ultrasonic treatment.

дики определения содержания и извлечения благородных и цветных металлов из руд: предварительное гравитационное обогащение геологических проб со свободным золотом, крупнокусковая радиометрическая сепарация, биогидрометаллургическая переработка упорных руд и концентратов, комплексная гидрометаллургическая переработка глубоководных руд Мирового океана, кучное выщелачивание благородных и цветных металлов из руд и техногенного сырья, в том числе в сочетании с бактериальным окислением сульфидных минералов и различными видами энергетических воздействий.

Определение содержания благородных металлов в рудах со свободным золотом. Необходимость создания методики определения содержания благородных металлов в рудах со свободным золотом обусловлена значительным расхождением результатов параллельных определений содержания золота в рудах пробирным анализом вследствие присутствия относительно крупных частиц самородного золота и его неравномерным распределением при отборе аналитических навесок – «эффект самородка». Для устранения влияния «эффекта самородка» в ЦНИГРИ разработана и широко применяется методика предварительного гравитационного концентрирования крупного золота [9].

Методика характеризуется простой технологической и аппаратурной схемой, пригодна при массовых анализах геологических проб руд и продуктов их обогащения и предусматривает выполнение основных операций – измельчения и гравитационного концентрирования. Измельчение дробленой руды массой не менее 4 кг до крупности 85–90% класса 100 мкм осуществляется в непрерывной кольцевой мельнице. Гравитационное концентрирование проводится в разработанной и изготовленной в институте установке на базе центробежно-прецессионного концентратора «Бегущая волна» (Патент РФ № 2136373 от 27.05.1998 г.). Измельченная руда загружается в контактный чан, откуда в виде пульпы непрерывно подается в концентратор. Тяжелые минералы руды, в том числе свободное золото, накапливаются на днище чаши. Хвосты гравитации непрерывно разгружаются по периметру верхней окружности чаши, оборудованной пробоотборником, который обеспечивает разделение представительной пробы хвостов с частотой 135 раз/мин. Масса отбираемой пробы составляет 10–12% от общей массы хвостов гравитации. Это избавляет от необходимости обезвоживания и сушки всего объема полученных хвостов. Расчет содержания золота в исходной руде проводится по балансу его количества в продуктах концентрирования.

Определение золота из укрупненных навесок по методике гравитационного концентрирования позволяет существенно повысить прецизионность анализов руд с крупным золотом по сравнению с традиционным методом прямой пробирной плавки. Методика гравитационного концентрирования свободного золота издана и успешно применяется в ЦНИГРИ и на предприятиях от-

расли, в частности при разведке Дегдеканского, Федоровско-Кедровского, Тарынского, Базовского рудных полей, Нижне-Чиримбинского рудного узла, месторождений Кекура, Хужир и др. Методика внедрена в лабораториях горнодобывающих предприятий – ОАО «Рудник им. Матросова», ОАО «Рудник Каральвеем», ЗАО «Горно-рудная компания «Западная» и др.

Крупнокусковая радиометрическая сепарация. В настоящее время около 70% доказанных запасов золота сосредоточены в резервных большеобъемных месторождениях углеродисто-терригенных комплексов с низким содержанием Au в рудах порядка 1,7–2,4 г/т. Для эффективного освоения таких месторождений требуется применение современных технологий на всех стадиях добычи и переработки руды.

На стадии обогащения руд наибольшие расходы связаны с энергетическими затратами на дробление и измельчение сырья. Улучшение технико-экономических показателей переработки руд возможно на основе применения предварительного крупнокускового обогащения, которое позволяет отделить от общей массы добытого сырья до 70% хвостов с отвальным содержанием полезных компонентов. Соответственно, снижаются количество поступающей на глубокое обогащение руды и затраты на ее переработку. Кроме того, существенно уменьшаются объем складированных в хвостохранилище продуктов обогащения и их негативное воздействие на окружающую среду.

Крупнокусковое обогащение руд основано на разделении породных и рудных минералов по способности испускать, отражать или поглощать различные виды излучения. Для крупнокусковой сепарации применяются радиометрические сепараторы различного принципа действия. Известно >30 методов радиометрического обогащения минерального сырья. Наиболее распространена рентгенорадиометрическая сепарация, основанная на различной энергии и интенсивности рентгеновской флюоресценции элементов.

В последние годы с учетом достижений в области микропроцессорной техники и компьютерных технологий созданы современные промышленные фотометрические сепараторы, обеспечивающие разделение минерального сырья крупностью от 250 до 5 мм по цветовым признакам, форме и симметрии. Поток руды сканируется высокоскоростной камерой. Компьютерная программа обработки изображения оце-

нивает куски руды по нескольким параметрам: размеру, форме, площади, положению в пространстве, соотношению площадей различных цветовых характеристик на поверхности и дает команду на выделение блоков заданных параметров из общего потока руды. Для этой цели установки фотометрической сепарации оборудованы форсунками с быстродействующими воздушными клапанами. Сепараторы имеют производительность до 350 т/ч и способны решать задачи крупнокускового обогащения руд при промышленной отработке крупных месторождений. Фотометрическая сепарация положительно зарекомендовала себя на горных предприятиях Финляндии, ЮАР, Австралии, США и Канады.

Разработаны методические рекомендации по определению возможности крупнокускового обогащения руд благородных металлов на ранних стадиях геологического изучения недр. Исследования проводятся на пробах массой от 300 кг до 3 т. В процессе работ устанавливаются контрастность руды, признаки ее разделения фотометрическим и рентгенорадиометрическим методами (последний используется с привлечением специалистов ФГУП «ВИМС»), осуществляются наработка опытной партии обогащенного продукта и его глубокое обогащение с определением технологических показателей и режимных параметров. Полученные результаты служат основой для разработки оптимальной технологической схемы переработки руды и выполнения технико-экономических расчетов. В течение последних лет в лабораториях ЦНИГРИ исследованы руды ряда разведываемых и эксплуатируемых месторождений, в том числе крупных – Сухой Лог и Наталкинское [7].

Технико-экономические расчеты показали, что ожидаемый экономический эффект от использования технологии фотометрической сепарации при переработке 10 млн т руды, содержащей 1,56 г/т Au, в случае предварительного отделения 40% хвостов с отвальным содержанием золота, составляет 493 руб. на 1 г производимого золота.

Кучное выщелачивание золота. Кучное выщелачивание (КВ) характеризуется низкими затратами и позволяет значительно укрепить сырьевую базу и увеличить добычу благородных металлов за счет вовлечения в промышленную эксплуатацию руд небольших месторождений, бедных и забалансовых руд, отходов горно-обогатительного производства, переработка кото-

рых по традиционной фабричной технологии нерентабельна. Этот метод используется за рубежом в промышленной практике с начала 70-х годов. Сегодня около 40% мировой золотодобычи приходится на технологию КВ.

Достигнутый в России уровень развития КВ обеспечивает работу примерно 25 действующих производств в разных регионах, преимущественно на Центральном и Южном Урале, юге Сибири и Дальнего Востока, в Якутии. Производительность предприятий составляет от 100 тыс. т до 1,5 млн т руды в год при средних содержаниях Au 0,9–1,3 г/т.

ЦНИГРИ накоплен значительный опыт по исследованию золотосодержащих руд, кор выветривания и техногенного сырья (хвостов обогащения, отвалов горных пород и пр.) с применением метода КВ [5]. Разработанные технологии использованы при промышленном освоении рудных и техногенных месторождений золота Колорадо (Южный Урал), Лопуховское (Республика Саха Якутия), Воронцовское (Свердловская область), Кузнецовское (Хабаровский край) и др.

В последние годы применительно к разведываемым объектам с низким содержанием Au (0,9–1,8 г/т) Любавинское (Забайкалье), Гросс (Республика Саха Якутия), Полянка (Хабаровский край) в ЦНИГРИ определены оптимальные технологические режимы кучного выщелачивания и получены достаточно высокие показатели по извлечению золота из бедных руд (на уровне 65–88%), позволившие рекомендовать данную технологию для опытно-промышленных испытаний. Разработанные технологические регламенты положены в основу создания промышленных установок КВ на перечисленных объектах.

Биогидрометаллургическая технология переработки упорных руд и концентратов (чановое выщелачивание). В структуре запасов золота России значительную часть (64%) занимают месторождения коренных руд золота, из которых >50% приходится на упорные руды с тонковкрапленным золотом. Применение традиционной технологии цианирования для таких руд малоэффективно, извлечение золота не превышает 10–50%.

В мировой практике переработки упорных руд в качестве одного из эффективных способов извлечения благородных металлов применяется чановое бактериальное выщелачивание – биоокисление золотосодержащих сульфидов (ЮАР, Австралия, Китай, Россия, Казахстан, Узбекистан и др.).

В ЦНИГРИ разработана экологически безопасная технология чанового бактериального выщелачивания для извлечения благородных металлов из упорных руд и концентратов ряда месторождений РФ, в том числе крупных – Олимпиадинское, Майское, Нежданнинское, Кючус [8]. Разработанный технологический регламент биогидрометаллургической переработки упорных концентратов Олимпиадинского месторождения использован при проектировании на нем первой в России биоустановки. Вклад института в совместную с ЗАО «ЗК «Полюс» работу «Создание в условиях Крайнего Севера высокотехнологичного производства по добыче и переработке золото-содержащих руд при промышленном освоении месторождения Олимпиадинское» отмечен Премией Правительства РФ в области науки и техники.

В настоящее время биогидрометаллургическая технология наиболее востребована в мире. Построено >20 биозаводов по переработке упорных золотосодержащих руд и концентратов. Семь из них за последние 10 лет сооружены в Китае. Это позволило ему освоить крупные месторождения с упорными рудами и выйти на первое место в мире по добыче золота.

В России промышленное освоение альтернативной автоклавной технологии окисления золото-сульфидных концентратов столкнулось с целым рядом трудностей. Отечественное сырье имеет сложный состав: высокое содержание хлор-ионов и сорбционно-активного природного органического углерода в пульпе автоклавного выщелачивания, приводящее к растворению «вскрытого» золота, его сорбции на природный уголь и потерям с хвостами, а также высокое содержание сульфидной серы, осложняющее процессы автоклавного окисления и последующей гидрометаллургической переработки остатков биовыщелачивания. Поэтому на действующем в РФ Амурском автоклавном гидрометаллургическом комбинате ГК «Полиметалл» перерабатывается только относительно простой по составу концентрат Албазинского месторождения, а высокоупорный Майского месторождения (Чукотка) отправляется в Китай.

С учетом сложного состава отечественных руд и наибольшей распространенности в мире технологии бактериального выщелачивания последняя является наиболее перспективной, экономически выгодным и экологически безопасным методом извлечения благородных металлов из упорного сырья.

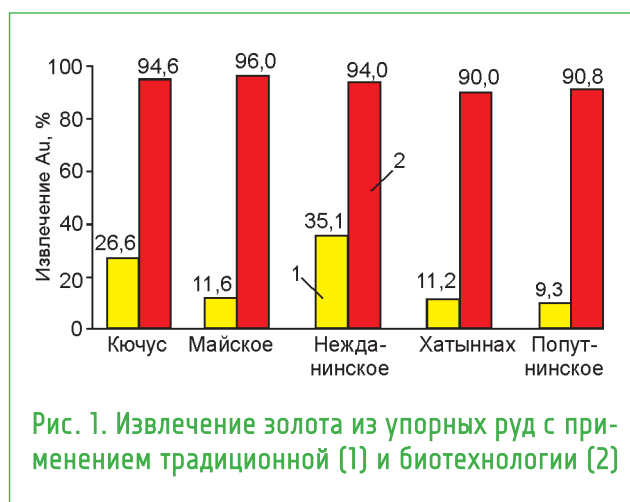


Рис. 1. Извлечение золота из упорных руд с применением традиционной (1) и биотехнологии (2)

В ЦНИГРИ с использованием последних достижений в области микробиологии разработаны научные основы процесса биоокисления упорных золотосодержащих сульфидов. Применение высокоактивной ассоциации, включающей мезофильные и умеренно-термофильные бактерии, способно обеспечивать высокую степень окисления основных золотосодержащих сульфидов – арсенопирита и пирита – даже при очень высоких (до 60–90%) содержаниях их в концентратах и наличии высокоактивного органического углерода (до 2,9–4,5%).

По сравнению с традиционной цианидной применением биогидрометаллургической технологии переработки упорных концентратов месторождений Майское, Кючус, Попутнинское, Хатыннах, Хатчан, Дразное, Кутынское, Змеиное, Наледное и др. позволяет повысить извлечение золота с 9–35 до 90–96% (рис. 1), а также перевести мышьяк в нетоксичную форму – труднорастворимые арсенаты железа, пригодные к складированию в хвостохранилище [6].

Технико-экономические расчеты, выполненные на основе данных технологических регламентов биогидрометаллургической технологии, свидетельствуют о высокой эффективности ее использования. Вовлечение в эксплуатацию крупных месторождений с упорными рудами позволит значительно увеличить добычу золота в России.

Кучное бактериальное окисление (выщелачивание) упорных руд и техногенного сырья. В ЦНИГРИ для упорного и бедного сырья разработана технология биоокисления золотосодержащих сульфидов в условиях низкзатратного кучного

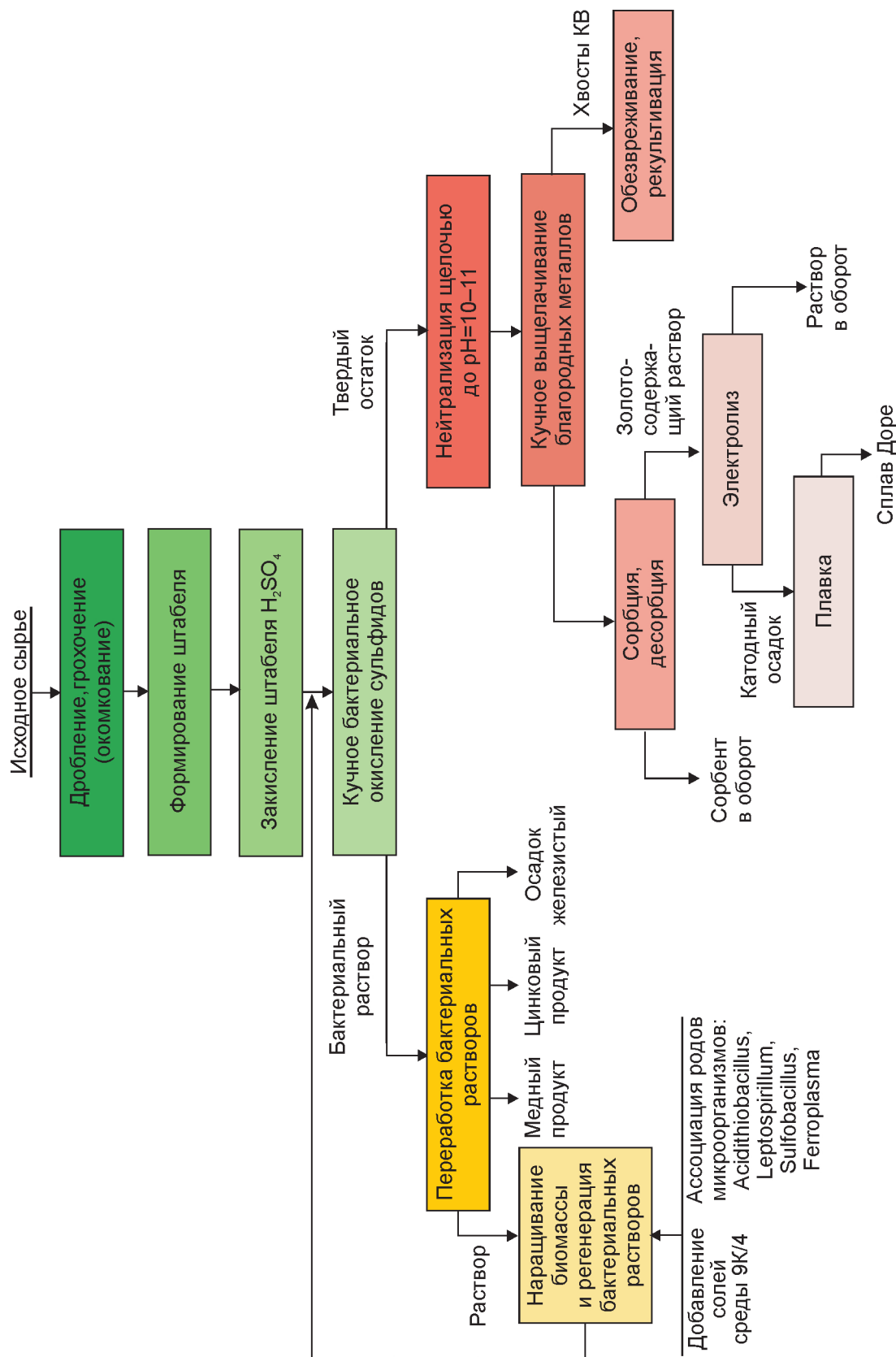


Рис. 2. Технологическая схема переработки упорного сульфидного золотосодержащего сырья с применением метода кучного бактериального вскрытия благородных металлов

выщелачивания, которое широко применяется в промышленности для извлечения благородных металлов из руд с низким содержанием золота. Исследованиями установлено, что кучное бактериальное выщелачивание может эффективно применяться не только для упорных сульфидных руд золота, но и для полиметаллических руд и хвостов их обогащения [1].

Разработанная технологическая схема кучного бактериального выщелачивания включает следующие узлы (рис. 2):

предварительная рудоподготовка (дробление, грохочение, окомкование, укладка рудного штабеля);

закисление штабеля серной кислотой, кучное биоокисление сульфидов с переводом цветных металлов в серноокислый раствор и вскрытием упорного золота;

переработка серноокислых растворов с получением товарной продукции цветных металлов;

нейтрализация твердых остатков кучного биоокисления сульфидов и кучное выщелачивание золота цианидным раствором;

извлечение золота из цианидных растворов в сплав Доре;

обезвреживание и рекультивация хвостов выщелачивания.

В сравнении с результатами традиционного цианидного выщелачивания применение рекомендуемой схемы повышает извлечение золота и серебра из упорных сульфидных руд Левобережного рудного поля (Кабардино-Балкарская Республика) с 28–30 до 84–85%, а из техногенных хвостов флотации полиметаллических руд – с 33 до 82%. Одновременно решается задача извлечения цветных металлов в товарную продукцию. Технико-экономические расчеты показали, что экономический эффект от использования технологии кучного бактериального выщелачивания сульфидной руды с содержанием Au 2,6, Ag 40,7 г/т, Cu 0,61, Zn 1,15% возрастет по сравнению с технологическими данными ее обогащения по традиционной флотационно-цианидной схеме и составит 252 руб. на 1 тонну добываемой руды.

Ультразвуковая обработка руд. В научных публикациях последних лет обсуждается возможность применения электрофизических воздействий в импульсной форме (ультразвуковой, электроимпульсной и магнитно-импульсной) на разупрочнение рудной массы и раскрытие ценного компонента. Наиболее приспособлен к про-

мышленному использованию в горнорудной отрасли метод ультразвуковой обработки.

В институте проведены исследования по определению влияния ультразвуковой обработки (УЗО) на технологические показатели извлечения полезных компонентов в процессах обогащения минерального сырья. В результате выявлены основные направления использования этого метода в технологических схемах переработки руд благородных и цветных металлов:

при цианировании золотосодержащего сырья; во флотационных переделах обогащения труднообогатимых руд благородных и цветных металлов;

в процессах кучного выщелачивания золотосодержащих руд.

Установлено, что с применением ультразвуковой обработки при цианировании малосульфидной золотосодержащей руды извлечение полезных компонентов повышается на 23,61%, а при флотации серебро-полиметаллической руды серебра и цветных металлов – на 3–8%.

На рисунках 3 и 4 показана эффективность применения ультразвуковой обработки рабочих цианидных растворов в процессе кучного выщелачивания окисленной золотосодержащей руды Левобережного рудного поля. Установлено, что средняя концентрация Au в продуктивных растворах при УЗО увеличивается до 4,49 мг/л против 3,58 мг/л без УЗО. Скорость растворения золота также возрастает и, соответственно, сокращается продолжительность кучного выщелачивания с 13 до 10 сут (при минимальной концентрации Au в растворе <0,02 мг/л). Удельный расход растворителя – цианида натрия – уменьшается с 3,22 до 2,64 кг/т при равном извлечении золота в продуктивные растворы (84,65 и 84,69%), соответственно с применением и без УЗО.

Ожидаемый экономический эффект от применения ультразвуковой обработки рабочих растворов при кучном выщелачивании золота из окисленной руды составляет 8,9 млн руб. при производительности предприятия 300 тыс. т руды в год.

Комплексное использование глубоководного минерального сырья. Россия, наряду с другими странами, ведет работы по подготовке к освоению глубоководных месторождений минерального сырья: железомарганцевых конкреций (ЖМК), кобальт-марганцевых рудных корок (КМК) и глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС).

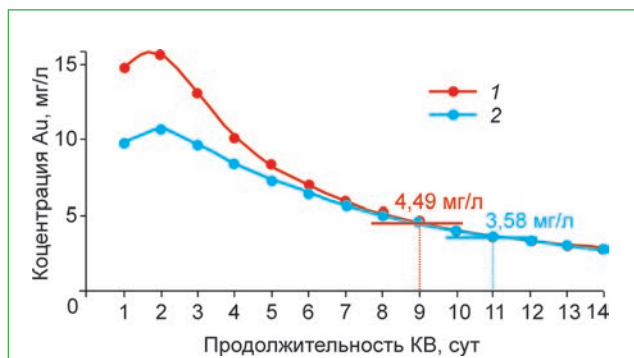


Рис. 3. Изменение концентрации золота в продуктивных растворах при КВ окисленной руды с применением ультразвуковой обработки (УЗО) рабочих растворов:

средняя концентрация Au: 1 – с УЗО, 2 – без УЗО

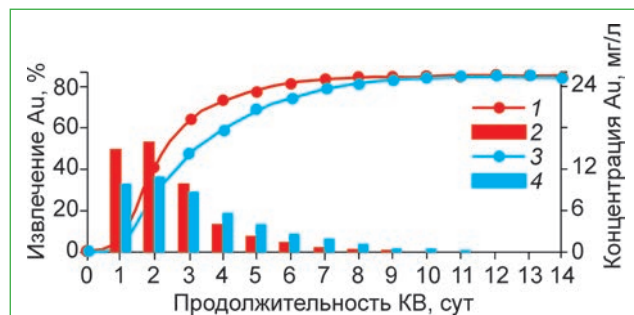


Рис. 4. Кинетика извлечения золота при КВ окисленной руды с применением ультразвуковой обработки (УЗО) рабочих растворов:

1 – извлечение Au в продуктивные растворы (УЗО); 2 – поцикловая концентрация Au в продуктивных растворах (УЗО); 3 – извлечение Au в продуктивные растворы (без УЗО); 4 – поцикловая концентрация Au в продуктивных растворах (без УЗО)

С начала 80-х годов по настоящее время ЦНИГРИ работает над созданием технологии извлечения полезных компонентов из ЖМК и КМК. Основной объем исследований выполнен на пробах руд, добытых с закрепленного за Россией участка дна поля Кларион-Клиппертон. Среднее содержание главных металлов – Cu 1,05, Ni 1,2, Co 0,22, Mn 29,7, Fe 5,7%, попутных компонентов – Mo 0,067%, Pt 0,19 г/т. Содержание редкоземельных элементов (преимущественно Ce) 280, в отдельных пробах до 1400 г/т.

В результате специалистами ЦНИГРИ разработана и запатентована проверенная в полупромышленных условиях гидрометаллургическая технология переработки ЖМК, включающая выщелачивание полезных компонентов сернистым ангидридом с последующим селективным извлечением цветных металлов и марганца из продуктивных растворов в концентраты (Патент РФ № 2231569 от 03.02.03). Извлечение металлов в концентраты составляет: Cu 89–90, Ni и Co 93–94, Mn 97–98%. В сотрудничестве с рядом организаций разработаны технологии производства из полученных концентратов металлической меди, никеля, кобальта, электротермического марганца и его ферросплавов. Установлена возможность производства из промежуточных продуктов гидрометаллургической переработки ЖМК катализаторов и комплексных минеральных удобрений с микроэлементами (рис. 5).

Технология ЦНИГРИ подтвердила свою эффективность при выполнении исследований по

переработке ЖМК по контрактам с Совместной организацией Интерокеанметалл (СО ИОМ, Польша). В соответствии с результатами сравнительных расчетов вариантов технологических схем переработки ЖМК, проведенных проектной организацией VAT Engineering (Словакия), технология ЦНИГРИ признана наиболее эффективной.

Особенность вещественного состава КМК – более низкое, по сравнению с ЖМК, содержание Ni 0,41–0,46, Cu 0,12–0,13 и Mn 19,0–22,6% при более высоком содержании Co 0,54–0,63%. Переработка КМК по гидрометаллургической технологии также обеспечивает высокое извлечение в концентраты цветных металлов и марганца [10].

Значительный объем работ выполнен по изучению сорбционных свойств ЖМК и КМК. Установлено, что глубоководное железомарганцевое сырье, являясь эффективным сорбентом, может использоваться для очистки сточных вод от тяжелых цветных металлов и цианидов [4].

В ЦНИГРИ разработана и запатентована технология очистки газов от сернистого ангидрида сухими ЖМК и пульпой, содержащей ЖМК [3]. Исследованиями по применению ЖМК для очистки газов металлургических, химических и энергетических производств установлено, что степень очистки превышает 99%, содержание токсичного SO₂ в газах после очистки соответствует санитарным нормам. Одновременно решаются задачи перевода марганца и цветных металлов в хорошо растворимые соединения и их дальнейшего извлечения в товарные металлы.

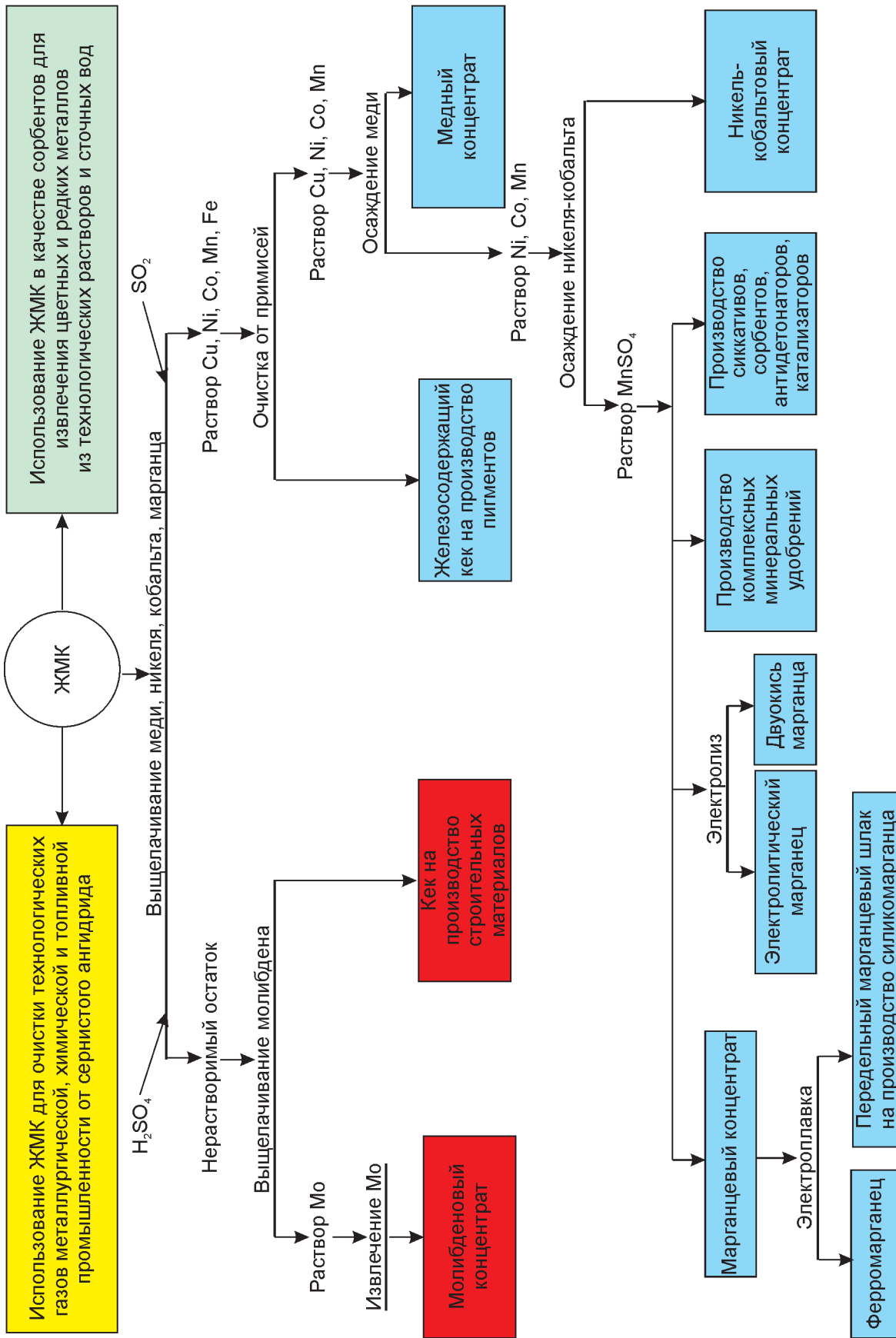


Рис. 5. Принципиальная схема комплексного использования ЖМК

Результаты работ института в области металлургической переработки ЖМК и КМК свидетельствуют о несомненной перспективности данного вида сырья для удовлетворения потребностей страны в таких стратегических металлах, как медь, никель, кобальт и марганец. Кроме того, это сырье имеет перспективы применения для решения ряда экологических проблем.

Большая часть активных гидротермальных полей с месторождениями ГПС приурочена к срединно-океаническим хребтам – осевой зоне Восточно-Тихоокеанского Поднятия и рифтовой долине Срединно-Атлантического хребта.

Исследование вещественного состава и разработка технологических схем извлечения полезных компонентов из ГПС комплексного минерального сырья в ЦНИГРИ являются составной частью программы изучения ГПС Полярной Морской геологоразведочной экспедицией. Основные полезные компоненты руд – медь, цинк и драгоценные металлы. Присутствующие в рудах сфалерит, халькопирит, пирит, марказит, изокубанит чаще всего представляют собой тончайшие взаимные ассоциации. Сульфидные минералы характеризуются наличием пленочных покрытий поверхности в виде гидросульфатных, гидрокарбонатных, гидросиликатных соединений меди, цинка и железа. Это ограничивает возможность применения традиционных флотационных схем для обогащения ГПС. Для переработки данного вида глубоководного минерального сырья рекомендована комбинированная гидрометаллургическая технология, включающая обжиг руды при температуре 650°C, серноокислотное выщелачивание огарка с переводом в раствор 96–98% меди и цинка с последующим извлечением цветных металлов из продуктивных растворов с использованием химических и (или) экстракционных процессов [2]. По рекомендуемой технологической схеме получены кондиционные медные и цинковые концентраты. Выполнены исследования по определению возможности извлечения из ГПС попутных компонентов. Установлено, что благородные металлы полностью остаются в кеках серноокислотного выщелачивания огарков, из которых извлекаются сорбционным цианированием. Извлечение золота из кека составляет 86%, серебра – 45%. Кеки гидрометаллургического передела содержат до 60% Fe, <1% суммы цветных металлов и могут рассматриваться как сырье для черной металлургии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кучное* бактериальное выщелачивание упорной золото-сульфидной руды / Д.Х.Ким, Г.В.Седельникова, Н.В.Ибрагимова и др. // Мат-лы Междунар. совещания «Плаксинские чтения. 2014». Алматы. 2014. С. 34–38.
2. Романчук А.И., Ивановская В.П. Результаты изучения технологических проб глубоководных полиметаллических сульфидов // Тр. совещания в ФГУП ВИМС 19–20 января 2011 г. «Современные методы изучения вещественного состава глубоководных полиметаллических сульфидов Мирового океана». 2013. С. 241–249.
3. Романчук А.И., Кошель Д.Я., Королев А.Б. Использование глубоководных железомарганцевых конкреций для очистки газов от сернистого ангидрида // Руды и металлы. 2004. № 4. С. 58–65.
4. Романчук А.И., Кошель Д.Я., Королев А.Б. Применение железомарганцевых конкреций Мирового океана для решения экологических задач // Геоэкологические исследования и охрана недр. Науч.-техн. информ. сб. М., 2003. Вып. 2. С. 41–52.
5. Седельникова Г.В. Кучное выщелачивание. Состояние и перспективы развития // Драгоценные металлы и камни. 2001. № 3 (87). С. 77–78.
6. Седельникова Г.В. Сравнение автоклавного и бактериального выщелачивания // Золото и технологии. 2014. № 2 (24). С. 110–115.
7. Седельникова Г.В., Романчук А.И. Переработка руд благородных и цветных металлов с применением инновационных технологий // Горный журнал. 2010. № 2. С. 18–22.
8. Седельникова Г.В., Савари Е.Е., Заулочный П.А., Кошель Е.А. Извлечение золота из упорных высокосульфидных концентратов с применением биогидрометаллургии // Цветные металлы. 2012. № 4. С. 37–42.
9. Сравнительная оценка достоверности определения содержания золота в рудах / А.И.Романчук, В.А.Богомолов, Е.М.Никитенко и др. // Недропользование XXI век. 2013. № 3 (28). С. 58–63.
10. *Технико-экономические* соображения о целесообразности постановки поисково-разведочных работ на кобальтомарганцевые корки в пределах поля Магеллановы горы (с проектом оценочных кондиций). Петропавловск-Камчатский. 1994.

ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭКЗОГЕННОГО ЗОЛОТА – ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Филиппов Виктор Петрович

Риндзюнская Наталья Михайловна
vosp@tsnigri.ru

Зубова Татьяна Петровна
tanzu@mail.ru

На протяжении всей истории существования ЦНИГРИ его исследования были нацелены, в том числе, на расширение и укрепление минерально-сырьевой базы россыпей золота – одного из главных промышленных объектов экзогенной золотоносности. Приоритетными направлениями являются выделение перспективных площадей для постановки геолого-разведочных работ, прогноз, поиски и оценка месторождений экзогенного золота. В соответствии с задачами геологоразведочной отрасли в различные периоды в их изучении намечается несколько этапов.

Ключевые слова: экзогенное золото, россыпи, месторождение, кора выветривания, прогноз, поиски, оценка, прогнозные ресурсы.

MILESTONES AND STAGES OF THE PLACER GOLD STUDIES: MAJOR ACHIEVEMENTS AND FUTURE VIEWS

FSUE TsNIGRI

V.P.Filippov

N.M.Rindzyunskaya

T.P.Zubova

During the whole history of TsNIGRI significant efforts were oriented at expansion and enforcement of the placer gold mineral base, one of the key economic objects based upon placers. Priority targets are contouring of promising areas for follow-up exploration, prognosis, exploration, and prospecting for placer gold. In compliance with tasks and targets of the national economic geology, several stages are defined in the placer gold studies.

Key words: placer gold, placer, ore deposit, weathering profile, prognosis, evaluation, predicted resources.

Добыча золота в России началась более 250 лет назад. Около двух столетий основная масса российского золота добывалась из россыпных месторождений. В отличие от многих стран мира, в которых периоды россыпного золотого бума быстро сменялись спадами, многовековые традиции позволили России создать и долгие годы удерживать высокий уровень добычи золота из россыпей.

На территории России найдены, изучены и отработываются россыпи самых различных типов – аллювиальные (русловые, долинные, террасовые,

погребенные), делювиальные, делювиально-пролювиальные, карстовые, прибрежно-морские, палеороссыпи и золотоносные конгломераты. Российский опыт дает возможность уверенно прогнозировать и вести поиски россыпей в любых странах мира как в старых районах, где близповерхностные россыпи исчерпаны, так и в районах, где россыпи пока неизвестны, но предполагаются по комплексу косвенных признаков.

Учеными и сотрудниками института совершенствовались существующие и разрабатывались новые высокоэффективные методики и методы

изучения, прогноза, поиска, оценки и разведки россыпных районов и месторождений, выполнялась геолого-экономическая оценка россыпных объектов, создавались региональные и отраслевые программы и другие документы для всей отрасли.

В изучении месторождений экзогенного золота выделяются несколько этапов в соответствии с планами геологоразведочной отрасли различных периодов. При этом от этапа к этапу совершенствовалась методика прогнозно-поисковых работ, видоизменялись задачи исследований и предмет поиска.

Период 40–60-х годов прошлого века можно обозначить как этап заложения теоретических основ геологии россыпей на базе накопления и анализа материалов по исследованию россыпных объектов в различных регионах, выявления геолого-генетических условий их образования, разработки генетической классификации россыпей и факторов, определяющих закономерности их размещения.

Значительный объем геолого-поисковых работ по укреплению сырьевой базы россыпного золота в 40-е годы был проведен на территории Бурятии, Читинской области, Ленского и Баргузинского районов, что позволило установить ряд перспективных площадей. Последующие геологоразведочные работы (ГРР) в их пределах увенчались открытием промышленных россыпей. Результаты исследований изложены в монографии [6], а закономерности формирования и строения некоторых россыпей, выявленные С.Г.Мирчинк, вошли в ряд классических примеров и позднее неоднократно приводились во многих трудах по геологии россыпей.

Существенный вклад геологи ЦНИГРИ внесли в развитие сырьевой базы россыпного золота юга Западной Сибири. В Енисейском рудно-россыпном районе ими определены закономерности образования и размещения россыпной золотоносности, что позволило сформулировать основные критерии прогноза и поисков россыпей. Было высказано предположение о нахождении в верховьях р. Енашимо коренного источника. Впоследствии оно подтвердилось открытием крупного Олимпиадинского месторождения.

Выполненные в этот же период исследования в Туве имели принципиальное значение в связи с намечаемым строительством на ее территории железной дороги и разработкой планов освоения

природных ресурсов. В результате работ ЦНИГРИ объективно оценены прогнозные ресурсы россыпного золота Амыло-Систигхемского и других районов Тувы, выделены перспективные площади для постановки ГРР. Позднее заявленные прогнозы в основном подтвердились разведочными и эксплуатационными работами.

Региональные исследования 50–60-х годов в традиционных крупных золотоносных рудно-россыпных районах с участием больших коллективов ЦНИГРИ завершались выработкой рекомендаций, которые содействовали более целесообразному проведению ГРР и поддержанию золотодобычи в «старых» районах. На этом этапе определился оптимальный комплекс поисковых работ, характерных для школы ЦНИГРИ: выявление связи россыпей с коренными источниками, сочетание специализированных металлогенических и геоморфологических исследований, стратиграфические работы, направленные на изучение золотоносных пластов, их строения, генезиса, типоморфизма золота.

Следующий этап (60–70-е годы) отличается, помимо региональных исследований и изучения конкретных россыпей, разработкой теоретических и методологических основ формирования россыпей, их прогноза и оценки. В эти годы составлены монографические описания россыпей с детальным анализом закономерностей их размещения и взаимосвязи с коренными источниками. Наиболее значима монография Ю.П.Казакевич и ее учеников по Ленскому району [4].

Большое внимание в данный период уделялось укреплению минерально-сырьевой базы восточных районов СССР. Этим обусловлен значительный объем прогнозно-поисковых работ ЦНИГРИ в Магаданской области. Здесь в пределах обширной рудно-россыпной провинции изучены закономерности формирования и сохранности россыпей в различных геолого-геоморфологических обстановках. Составлена серия карт золотоносности, изучены особенности распределения золота в россыпях, разработаны принципы прогнозирования и методики поисков россыпей во впадинах. Материал исследований вошел в монографию «Геология россыпей золота Северо-Востока СССР», составленную под руководством Е.Я.Синюгиной совместно с геологами Северо-Восточного территориального геологического управления [1].

Существенный вклад внесли исследования отдела на Северо-Востоке СССР и в Якутии. Изу-

чены история формирования и геологического строения вновь открытой крупнейшей россыпи Рывеем на Чукотке. Разработана оригинальная классификация россыпей крупных долин, проводился поиск новых источников золота. В ряде районов Северо-Востока оценены перспективы золота в россыпях, погребенных во впадинах. Изучение закономерностей формирования россыпей в бортах впадин продолжилось на примере Приморской и Омолойской впадин, примыкающих к Куларскому золотоносному району.

Особое место на этом этапе занимают обобщающие исследования по оценке перспектив россыпной золотоносности территории, примыкающей к трассе БАМ. Собран материал по золотоносности Бурятии, Читинской, Иркутской, Амурской областей, Якутии, Хабаровского края и Приморья, составлены карты золотоносности м-ба 1:500 000 и кадастры россыпей. Сделан вывод о перспективности территории на золото и выделены первоочередные площади для постановки ГРП как в новых (на западе трассы БАМ), так и в старых районах золотодобычи.

Конец 70-х – вторая половина 80-х годов – этап формирования современной методики прогноза и поисков. Применяемый системный подход к этой проблеме заключался в ранжировании факторов россыпеобразования и признаков россыпей в зависимости от масштаба исследования. Создано учение о золотороссыпных районах, различной россыпеобразующей роли золоторудных и золотосодержащих формаций, разработаны модели россыпей в различных морфоструктурных обстановках для высокогорья, средне- и низкогорья, пенепленов, выделены геолого-промышленные типы россыпных месторождений. Впервые на примере россыпей золота разработана и внедрена методика экономической оценки прогнозных ресурсов, которая вскоре распространилась на все полезные ископаемые.

Наиболее важная методическая работа отдела россыпей этого этапа – «Прогнозно-поисковый комплекс» применительно к россыпям (1985. Вып. XI). Руководство в краткой форме включает основы современного представления геологии россыпей. В нем перечислены основные типы россыпных месторождений, имеющие промышленное значение и в настоящее время. Разработано методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых применительно к россыпям [5].

Многоплановые работы выполнены сотрудниками отдела по прогнозированию, поискам и оценке россыпей на территории Полярного и Приполярного Урала. В частности, для бассейна р. Кожим и сопредельных долин составлены крупномасштабные прогнозные карты с выделением перспективных участков на конкретные типы россыпей. Геологоразведочными работами подтверждены достоверность прогноза и оценка ресурсов золота, ранее данные ЦНИГРИ. Построена карта прогноза на золото м-ба 1:500 000 для территории Полярного и Приполярного Урала. Предложена геолого-геоморфологическая основа для подсчета запасов золота в россыпях Кожимского района.

Многолетние работы проведены в Аяно-Майском районе Хабаровского края, перспективы которого, по сути, заново оценены коллективом сотрудников ЦНИГРИ.

Большое внимание в этот период уделялось оценке перспектив золотоносности карстовых россыпей золота СССР с учетом их традиционных и нетрадиционных типов. Проведена классификация карстовых россыпей золота. Среди них отмечены наиболее перспективные типы месторождений – гетерогенные россыпи эрозионно-карстовых депрессий и глинистые коры выветривания контактово-карстовых зон.

Составлена карта прогноза карстовых россыпей и кор выветривания для всей территории страны, определены прогнозные ресурсы золота в карстовых россыпях (в том числе мелкого и тонкого) и впервые дана экспертная оценка прогнозных ресурсов золота в корях выветривания, показаны масштабность и промышленная значимость этого типа месторождений. Работа завершилась выработкой методических рекомендаций по прогнозу и поискам карстовых россыпей золота.

Конец 80 – начало 2000 гг. связан с расширением поисков новых источников золота, что вызвано постепенным истощением ресурсов традиционных типов россыпей. Одним из направлений было изучение золотоносных кор выветривания. В процессе тематических работ получены новые данные золотоносности кор выветривания Урала, Салаира, Ленского района, разработана классификация месторождений золота в корях выветривания, показано разнообразие их генетических и геолого-технологических типов, что значительно расширяет возможности

промышленного использования этих месторождений [9].

Значительной работой ЦНИГРИ для отрасли в целом было составление (1995–1996 гг.) комплекта карт экзогенных месторождений золота и платины РФ м-ба 1:2 500 000. Комплект включает карты россыпей золота, месторождений золота в корях выветривания, типоморфных особенностей россыпного золота, россыпной платиноносности и др. В них отражены пространственное положение экзогенных объектов золота и платины разного ранга в геологических и геоморфологических структурах и металлогенических зонах, их возрастные, морфогенетические, минералогические и другие особенности, а также состояние минерально-сырьевой базы месторождений этих типов; выделены перспективные площади для поисков россыпей и золотоносных кор выветривания с отображением их основных прогнозных характеристик. Составлен кадастр россыпных месторождений золота, который послужил основой для создания банка данных по россыпям России. Работа «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации – комплект карт» удостоена премии Правительства России в 2001 г.

В 1994–2004 гг. в ЦНИГРИ проведены работы по оценке экзогенной золотоносности мезокайнозойского чехла Восточно-Европейской платформы [3, 8]. Обобщение и анализ имеющихся материалов по металлогении этой обширной территории позволили выделить площади с золотоносными проявлениями различных морфогенетических типов. Площади следует рассматривать в качестве потенциального резерва попутного золота, прежде всего, при эксплуатации титаноциркониевых россыпей.

Современный этап охватывает период с 2005 по 2015 гг. В основе разработки направлений ГРП по освоению (поиску, прогнозу и оценке) месторождений экзогенного золота в настоящее время лежат поисковые критерии и признаки системы, в которую в качестве звеньев входят рудное проявление – кора выветривания – промежуточный коллектор – россыпное проявление. Анализ системы выполнен на основе материалов по закономерностям размещения и особенностям обстановок формирования экзогенных проявлений благородных металлов с учетом составленных геолого-поисковых моделей экзогенных и эндогенных месторождений ведущих геолого-про-

мышленных типов главных золотоносных провинций страны. Рассматриваемая система состоит из сопряженных и соподчиненных элементов-признаков рудоносного пространства, характеризующих наличие и степень проявления рудо-, коро-, россыпеобразующих процессов и соответствующих комплексу поисково-оценочных критериев, позволяющих вычленять перспективные площади из геологического пространства и, соответственно, давать их качественную прогнозную оценку.

Большое внимание в деятельности ЦНИГРИ уделено оценке золотоносности глинистых кор выветривания, так как с ними связаны практически все выявленные (в последнее время) в корях месторождения золота. За относительно короткий период в Российской Федерации открыты, разведаны и переданы в промышленное освоение месторождения на Урале, в Сибири, Якутии и Забайкалье.

На основе комплексного анализа геологических обстановок формирования месторождений золота в корях выветривания, а также данных поисково-оценочных и разведочных работ в ЦНИГРИ обосновано выделение месторождений золота в глинистых корях выветривания в самостоятельном геолого-промышленный тип [9], а также составлено пособие «Геолого-методические основы разведки месторождений золота в глинистых корях выветривания» [2].

Значительные достижения института на современном этапе – положительные результаты работ по оценке ресурсного потенциала нетрадиционных источников экзогенного золота на перспективных площадях Урала [10] и Алтае-Саянской области.

В связи с истощением традиционных месторождений экзогенного золота возникает необходимость вовлечения в золотодобычу месторождений нетрадиционных типов. К последним относятся золотосодержащие высокоглинистые объекты с мелким и тонким золотом в корях выветривания, слаболитифицированных конгломератах, полигенетических толщах погребенных россыпей. Несмотря на высокие в ряде случаев содержания золота в них, особенности его гранулометрии и вещественного состава продуктивных песков во многом определяли существенные потери металла при извлечении. Разработанные к настоящему времени высокотехнологичные методы промышленного извлечения мелкого и тонкого золота позволяют с достаточной рентабельностью вовлекать в отра-

ботку объекты с нетрадиционным типом его источников.

Проведенный ЦНИГРИ в последнее десятилетие комплекс геологоразведочных работ по оценке золотоносности месторождений перечисленных выше нетрадиционных типов в ряде золотоносных районов РФ позволил локализовать прогнозные ресурсы золота в рудно-россыпных районах Северного и Среднего Урала, Салаирского кряжа, Восточного Саяна, Витимского плоскогорья.

В настоящий период перспективы наращивания минерально-сырьевой базы экзогенного золота связаны с месторождениями его в корях выветривания. В частности, глинистые коры представляют для отрасли наибольший интерес. В качестве самостоятельных источников золота промышленного масштаба на них обратили внимание в начале 80-х годов. С тех пор за относительно короткое время выявлены перспективные месторождения золота в корях выветривания практически во всех основных золоторудных провинциях РФ [2].

В условиях истощения базы россыпных месторождений этот относительно новый для России перспективный геолого-промышленный тип по сравнению с рудными источниками золота осваивается более высокими темпами, пользуется повышенным вниманием со стороны инвесторов, характеризуется четкой тенденцией увеличения объемов добычи и геологоразведочных работ. Примером успешного освоения является многолетняя эксплуатация Олимпиадинского и в особенности Куранахского месторождений. На последнем почти за 60 лет добыто более 400 т золота.

Амурская область – один из наиболее перспективных районов на золото в корях выветривания. Удобное географическое положение большей части ее территории, развитая инфраструктура и благоприятные геолого-экономические условия способствовали концентрации поисковых и геологоразведочных работ в конце 80-х – начале 90-х годов именно в этом регионе. Неслучайно по прогнозным ресурсам золота (коренного и россыпного) Амурская область вышла на одно из первых мест в России.

Более 45% территории региона покрыто корами выветривания различной сохранности в зависимости от их приуроченности к многообразным морфоструктурным зонам и близости к речным долинам разного порядка. На одних участках (Гонжинский и Октябрьский выступы)

они занимают до 70–80% площади, на других (северные отроги хребтов Туран, Эзоп, Хинганский) – около 20–25%. В пределах Гонжинского, Октябрьского и Туранского поднятий, а также на Ханкайском массиве с наиболее широким развитием кор площадного и линейно-площадного типов мощности площадных кор достигают 40–50 м (месторождения Покровское, Пионер, Белая Гора и т.д.). Здесь же достаточно широко развиты и линейные коры (месторождение Токур в пределах Сагурского рудного поля и др.), мощность которых значительно превышает 150–180 м [7]. Совокупные прогнозные ресурсы золота категории P_3 в корях выветривания золотоносных узлов Амурской области составляют около 340 т (И.О.Мельников и др., 2008).

Итак, в настоящее время с учетом новых данных разрабатываются и уточняются поисковые модели основных типов глинистых кор выветривания на экзогенных месторождениях золота. Проводятся минералогические исследования по изучению конвергентности кор выветривания, устанавливаются признаки их отличия от гидротермальных аргиллизитов. Особое внимание уделяется выделению площадей, перспективных на месторождения нетрадиционных типов (крупнообъемных бедных глинистых золотоносных кор выветривания и россыпей с мелким и тонким золотом, слаболитифицированных конгломератов). В старых районах добычи (пенеплены Урала, Салаира, Алдана и др.) и в районах, где такого типа месторождения являются новыми или слабо изученными (низкогорья и высоко поднятые поверхности выравнивания Забайкалья), проводится их локализация и оценка прогнозных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геология россыпей золота Северо-Востока СССР* / Гл. ред. О.Х.Цопанов. – Магадан, 1979.
2. *Голенев В.Б.* Геолого-методические основы разведки месторождений золота в глинистых корях выветривания. – М.: ЦНИГРИ, 2006.
3. *Комплексные титаноциркониевые россыпи центральной части Русской платформы – резерв минерально-сырьевой базы золота* / Е.В.Матвеева, В.П.Филиппов, С.В.Яблокова и др. // Отечественная геология. 2005. № 2. С. 33–38.
4. *Ленский золотоносный район* / Ю.П.Казакевич, С.Д.Шер, Т.П.Жаднова и др. // Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 85.

5. *Методика* разведки россыпей золота и платиноидов / Ю.С.Будилин, Н.А.Вашко, В.А.Джобадзе и др. – М.: Недра, 1992.
6. *Мирчинк С.Г.* Древние долины и связанные с ними золотоносные россыпи на примерах Патомского нагорья, Енисейского кряжа и Кузнецкого Алатау // *Тр. Нигризолото*. 1947. Вып. 16. С. 172–187.
7. *Орлова Н.И., Голицын Ю.А., Спорыхина Л.В.* Минералогия кор выветривания юга Дальнего Востока. – М.: Геоинформцентр, 2002.
8. *Признаки* золотоносности осадочного чехла центральной части Русской платформы / В.П.Филиппов, Е.В.Матвеева, С.В.Яблокова и др. // *Отечественная геология*. 2005. № 6. С. 42–47.
9. *Риндзюнская Н.М., Берзон Р.О., Полякова Т.П., Матвеева Е.В.* Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корах выветривания. – М.: ЦНИГРИ, 1995.
10. *Строение* и вещественный состав золотоносных кор химического выветривания Кедровско-Ивдельского рудно-россыпного узла, восточный склон Северного Урала / Т.П.Зубова, О.А.Агибалов, Н.М.Иванов и др. // *Руды и металлы*. 2013. № 4. С. 37–47.

1 января 2015 г. исполнилось 75 лет старшему научному сотруднику отдела благородных металлов ЦНИГРИ, кандидату геолого-минералогических наук, одному из ведущих специалистов в области прикладной металлогении, прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов **Ольге Васильевне Мининой**.

О.В.Минина работает в институте с 1968 г. Занималась изучением колчеданных месторождений Южного и Среднего Урала (Октябрьского, Юбилейного, Подольского, Ново-Вишневого, им. III Интернационала, Красногвардейского). В 1977 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

С 1978 г. О.В.Минина участвует в комплексном изучении медно-порфириновых месторождений Урала (Салаватского, Михеевского), Кавказа (Техут), Средней Азии (Калмакыр, Дальнее, СЗ Балыкты, Кызата, Нижнекаульдинское). С 2007 г. она – ответственный исполнитель госконтрактных работ по созданию современных мелко-среднемасштабных основ прогноза медно-порфириновых и сопряженных золото-серебряных месторождений на территории РФ и, в первую очередь, на Северо-Востоке страны. Перспективы выделенных по ее рекомендациям площадей на медно-порфириновые руды подтверждены в их пределах геологоразведочными работами, завершившимися локализацией прогнозных ресурсов меди категорий P_3 , P_2 и P_1 . В настоящее время ее исследования связаны с переоценкой ресурсного потенциала Лебединского рудно-россыпного узла на коренное золото, а также Уральской провинции на медно-порфириновые руды.

Основное направление деятельности О.В.Мининой – создание научно-методических основ прогнозирования месторождений цветных и благородных металлов, включая разработку геолого-поисковых моделей рудных районов, рудных полей и месторождений. Она – соавтор крупных монографий, посвященных моделям медноколчеданных и медно-порфириновых месторождений, а также серии методических руководств по прогнозу, поискам и оценке этих объектов.

О.В.Минина – вдумчивый, высококвалифицированный исследователь. Ею подготовлены более 170 печатных и рукописных работ, в том числе доклады на научных конференциях. За трудовые успехи награждена медалью «300 лет горно-геологической службы России», знаками «Отличник разведки недр» и «Почетный разведчик недр». Является лауреатом премии Мингео СССР.

Поздравляем Ольгу Васильевну Минину с юбилеем, желаем здоровья, новых успехов на творческом пути.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



23 февраля исполнилось 85 лет заведующему лабораторией обогащения руд и песков благородных металлов и алмазов ЦНИГРИ, кандидату технических наук **Александру Ивановичу Никулину**.

А.И.Никулин всю жизнь посвятил созданию и воспроизводству минерально-сырьевой базы страны. После окончания в 1953 г. Московского института цветных металлов и золота в течение восьми лет работал на предприятии «Амурзолото» сначала в должности сменного мастера, а затем технического руководителя Токурской золотоизвлекательной фабрики. С 1962 по 1970 гг. трудился в ЦНИГРИ. Под его руководством и при непосредственном участии в Тульском филиале института созданы лабораторные и полупромышленные обогатительные установки, позво-

ляющие выполнять комплексные исследования по извлечению полезных компонентов из различных видов минерального сырья с получением данных для разработки ТЭО кондиций разведываемых месторождений и проектирования обогатительных фабрик.

В 1970 г. А.И.Никулин был переведен в институт ВНИИпрозолото (г. Москва), где, занимая должности заведующего лабораторией и заместителя директора института, продолжал работать над созданием технологий обогащения руд благородных металлов. В 1981 г. избран по конкурсу на должность заведующего отделом обогащения минерального сырья ЦНИГРИ. В период с 1988 по 1990 гг. был командирован в Эфиопию для организации добычи золота на одном из месторождений. С 1991 г. по настоящее время – заведующий лабораторией обогащения руд и песков благородных металлов и алмазов.

А.И.Никулин – один из ведущих специалистов отрасли в области обогащения минерального сырья. Под его научным руководством и при непосредственном участии разработаны эффективные технологии извлечения цветных и благородных металлов из руд более 40 месторождений (Мурунтау, Олимпиадинское, Кючус, Майское, Нежданинское, Сухой Лог и др.). Они стали основой для подсчета запасов руд в ГКЗ и разработки технологических регламентов на проектирование промышленных предприятий.

А.И.Никулин активно участвует в создании и освоении нового обогатительного оборудования и технологий. Он – соавтор методических рекомендаций по технологической оценке золотосодержащего сырья различных технологических типов, автор более 200 научных трудов, имеет 16 авторских свидетельств и патентов на изобретения. За научные и производственные достижения награжден орденом «Знак Почета», знаками «Отличник разведки недр», «Ветеран труда золото-платиновой промышленности», «Изобретатель СССР», медалью им. А.Е.Ферсмана «За заслуги в геологии», медалями и дипломами ВДНХ, почетными грамотами Мингео СССР.

Поздравляем Александра Ивановича Никулина с юбилеем, желаем крепкого здоровья, творческих успехов в работе, благополучия в кругу детей, внуков и правнуков.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

13 февраля 2015 г. исполнилось 75 лет доктору минералогических наук, профессору, академику РАЕН, известному ученому **Геorgию Владимировичу Ручкину**.

После окончания в 1965 г. геологического факультета МГУ Г.В.Ручкин посвятил свою научную жизнь изучению условий локализации, разработке проблем прогноза и поисков рудных месторождений. Особенно ярко черты глубокого исследователя, ставшего в дальнейшем руководителем больших научных коллективов, проявились в период работы в ЦНИГРИ, в который он поступил в 1972 г.

Одно из важнейших направлений научно-практической деятельности Г.В.Ручкина – изучение генезиса, метаморфизма и регенерации руд месторождений колчеданного семейства, стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах Южного Урала, докембрийских месторождений Карелии, Прибайкалья, Юго-Восточной Якутии, Узбекистана. Под его руководством и при непосредственном участии разработаны основы прогноза, поисков и оценки колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд в докембрийских комплексах.

Значительный вклад Г.В.Ручкин внес в изучение и подсчет запасов уникального, одного из крупнейших в мире, Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Бурятия), оценку свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах – Сардана (Якутия), Павловское (Архангельская область). По итогам исследований им защищены в 1968 г. кандидатская, в 1980 г. – докторская диссертации, выпущена монография «Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия» (1984 г.).

В период 1983–1989 гг. по решению руководства Министерства геологии СССР Г.В.Ручкин возглавлял крупные НИИ геологоразведочной отрасли – ВИМС и ВИЭМС.

По возвращению в ЦНИГРИ коллектив исследователей под его руководством выполнил серию разработок, связанных с созданием геолого-поисковых моделей колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений в вулканогенных, терригенных и карбонатных формациях, подготовкой оптимальных прогнозно-поисковых комплексов и методических рекомендаций по поискам и оценке прогнозных ресурсов таких месторождений. Разработки завершились изданием пособий, рекомендаций, монографий, которые широко используются в практике ГРР.

Специалистами института во главе с Г.В.Ручкиным подготовлен комплект средне-, крупномасштабных прогнозных карт для территорий Карелии, Забайкалья, Енисейского края, Дальнего Востока, восточных районов Украины, на основе которых дана оценка перспективы регионов на цветные и благородные металлы.

Г.В.Ручкин в качестве эксперта и консультанта неоднократно участвовал в работах по оценке перспектив выявления месторождений цветных и благородных металлов в странах дальнего зарубежья (Алжир, Конго, Аргентина, Перу, Чили и др.).

Широкий круг научных интересов Г.В.Ручкина отражен в разносторонних исследованиях, результаты которых изложены в более чем 300 научных трудах, включая 14 монографий. Им подготовлены 15 кандидатов геолого-минералогических наук. Он ведет большую научно-организационную работу, являясь членом ряда ученых и научно-методических советов отрасли, главным редактором журнала «Отечественная геология», членом редколлегии журнала «Руды и металлы». Неоднократно выступал с докладами на международных геологических конгрессах и симпозиумах.

За успехи в научной деятельности Г.В.Ручкин удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники за 2000 и 2008 гг., награжден орденом «Знак Почета», медалью «Ветеран труда», знаками «Отличник разведки недр» и «Почетный разведчик недр».

Поздравляем Георгия Владимировича с юбилеем, желаем здоровья, долголетия и творческих успехов на благо отечественной геологии.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



27 февраля 2015 г. исполнилось 70 лет заведующей лабораторией биотехнологии руд цветных и благородных металлов отдела обогащения минерального сырья ЦНИГРИ, кандидату технических наук **Евгении Евгеньевне Савари**.

Е.Е.Савари работает в институте с 1974 г. после окончания Московского института стали и сплавов вначале в должности старшего инженера, затем младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника и с 1990 г. – заведующей лабораторией.

Е.Е.Савари – высококвалифицированный специалист в области биогидрометаллургической переработки упорного золотосодержащего сырья. Предложенные ею способы подавления сорбционной активности углеродистого вещества и гидрометаллургической переработки продуктов бактериального выщелачивания способствовали созданию эффективных технологий извлечения благородных металлов из продуктов

биоокисления упорного сырья. Результаты научных исследований явились основой кандидатской диссертации (1988 г.).

Под руководством Е.Е.Савари выполнены теоретические и прикладные исследования процессов бактериального окисления, разработаны схемы и режимы биогидрометаллургической технологии переработки упорных золотосодержащих руд и концентратов крупных месторождений (Майское, Нежданинское, Олимпиадинское, Кючус и др.). С использованием технологического регламента по переработке концентратов Олимпиадинского месторождения построена первая в стране биогидрометаллургическая установка на золотоизвлекательной фабрике ЗАО «Полюс». Это позволило вовлечь в эксплуатацию упорные золотосодержащие руды месторождения.

В 2004 г. Е.Е.Савари стала лауреатом премии им. И.Н.Плаксина за серию научных работ по тематике «Исследование, разработка и внедрение биогидрометаллургической технологии переработки упорного золотосодержащего сырья».

В последние годы ею подготовлены методические рекомендации по проведению исследований биогидрометаллургической переработки упорных руд и концентратов. Применительно к концентратам разведываемых месторождений (Попутнинское, Хатчан, Хатыннах, Наледное и др.), характеризующихся двойной упорностью, разработаны эффективные биотехнологии извлечения благородных металлов с применением ассоциации умеренно-термофильных бактерий. Результаты исследований использованы для обоснования продолжения геологоразведочных работ и составления технико-экономических расчетов.

Е.Е.Савари – автор более 150 научных работ, в том числе семи патентов РФ на изобретения. Результаты работ неоднократно докладывались на международных конгрессах и региональных научно-практических конференциях, публиковались в отечественных и зарубежных журналах.

За высокий профессионализм, успехи в научной деятельности награждена знаком «Отличник разведки недр», медалью «Ветеран труда», почетными грамотами ФГУП «ЦНИГРИ».

Поздравляем Евгению Евгеньевну Савари с юбилеем, желаем крепкого здоровья, счастья, благополучия, творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

21 января 2015 г. исполнилось 60 лет ведущему инженеру административно-управленческого персонала ЦНИГРИ **Евгении Николаевне Холкиной**.

Е.Н.Холкина работает в ЦНИГРИ с 1989 г., с 1990 г. – в геологических фондах. Занимается организацией хранения и систематизацией научных трудов института.

Е.Н.Холкина ведет электронную базу данных фондового хранилища геологической информации, а также выполняет большую работу по формированию каталога текстовых и графических материалов. На сегодняшний день в ее ведении находятся более 12 000 отчетов по результатам научно-исследовательских разработок и геологоразведочных работ, около 100 000 карт и аэрофотоснимков, более 7000 единиц архивных геологических данных. Организованный ею подход к систематике значительно улучшил и ускорил процесс обеспечения пользователей запрашиваемой информацией.

Е.Н.Холкина оказывает важную помощь авторам геологических отчетов по оформлению сопроводительных документов для передачи материалов в Росгеолфонд.

За свои доброжелательность, отзывчивость, а также присущие ей аккуратность и четкость в организации хранения геологических материалов, умение хорошо ориентироваться в большом массиве информации Евгения Николаевна снискала заслуженное уважение сотрудников института.

Поздравляем Евгению Николаевну Холкину с юбилеем, желаем крепкого здоровья, счастья, успехов в работе, благополучия.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



Памяти Намика Курбановича Курбанова

31 января 2015 г. на 83-м году жизни скончался Намик Курбанович Курбанов – старейший сотрудник ЦНИГРИ, доктор геолого-минералогических наук, академик МАГРМ и РАЕН, Почетный разведчик недр, известный ученый в области металлогении, прогноза, поисков и разведки месторождений цветных и благородных металлов.

После окончания в 1954 г. МГУ вся научная деятельность Н.К.Курбанова проходила в ЦНИГРИ. Основные направления его работы – создание основ рудно-формационного анализа, металлогенического районирования, прогноза и поисков месторождений цветных и благородных металлов в различных регионах Забайкалья, Урала, Кавказа, Средней Азии, Украины.

Важным этапом начала творческой биографии Н.К.Курбанова были исследования в Верхнеуральском и Учалинском районах Южного Урала, где им разработаны и внедрены приемы структурно-формационного анализа, установлен характер генетической связи колчеданных руд (Учалинское, Узельгинское, Молодежное и другие месторождения) с определенными вулканическими комплексами, сделан вывод о полигенно-полихронном характере оруденения. При реализации прогнозных рекомендаций, разработанных им совместно с коллегами, были открыты Узельгинское и Талганское медноколчеданные месторождения.

В дальнейшем под руководством Н.К.Курбанова проводились пионерные исследования колчеданно-полиметаллических месторождений в терригенных формациях Большого Кавказа, в результате которых доказаны высокие перспективы рудоносности черносланцевых комплексов, разработаны методика и приемы локального прогноза, созданы геологические основы подсчета запасов ряда месторождений. С помощью его работ были удвоены запасы Физличайского колчеданно-полиметаллического рудного узла.

С начала 80-х годов Н.К.Курбанов изучает золотоносные провинции Средней Азии. Новые нетрадиционные подходы к изучению золоторудных месторождений позволили в короткие сроки создать эффективные прогнозно-поисковые комплексы для месторождений золота в терригенных формациях, а также разработать систему геолого-поисковых, оценочных и геолого-генетических моделей этого формационного типа золоторудных месторождений, что во многом способствовало созданию устойчивой МСБ золота региона. Под его руководством на Украинском щите изучались докембрийские золоторудные месторождения.

Н.К.Курбановым совместно с коллегами создана серия разномасштабных прогнозно-металлогенических и металлогенических карт, в том числе карты золотоносности СССР м-ба 1:5 000 000, Урала м-ба 1:1 000 000 и в последние годы – Северного Кавказа м-ба 1:1 500 000. Материалы этих карт позволили значительно расширить перспективы золотоносности территории страны.

Н.К.Курбанов оказывал существенную помощь геологическим службам Сирии, Ирана, Пакистана, Румынии и Чехословакии. Успешно представлял отечественную науку на международных геологических конгрессах и форумах.

Н.К.Курбанов обладал большими организаторскими способностями, глубоко проникал в сложные научно-производственные проблемы. Пользовался заслуженным авторитетом среди широкого круга геологов научных и производственных организаций России и других стран. Был членом ряда Ученых советов, председателем Совета ЦНИГРИ по апробации кандидатских и докторских диссертаций, руководителем теоретического семинара института, членом редколлегий журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы». Среди его учеников 12 кандидатов и три доктора геолого-минералогических наук.

Результаты исследований Н.К.Курбанова отражены во многих производственных отчетах. Он – автор более 200 публикаций, в том числе 27 монографий.

Светлая память о Намике Курбановиче Курбанове навсегда сохранится в сердцах сотрудников института, его друзей и коллег.

*Дирекция ЦНИГРИ
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*