

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК
памяти Анатолия Ивановича Кривцова

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв

3-4/2011

Тезисы докладов научно-практической конференции
**«Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки
месторождений твердых полезных ископаемых —
состояние и перспективы»**

памяти Анатолия Ивановича Кривцова

24–25 мая 2011 г., ЦНИГРИ, г. Москва

**Principles of prognosis, exploration and evaluation of mineral
deposits: State of the art and future views**

Abstracts of academic and practical conference

in memory of Anatoly Ivanovich Krivtsov

May 24–25, 2011, TsNIGRI, Moscow

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

3-4/2011

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.Мигачев

Зам. главного редактора Н.И.Назарова

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

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 2011

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

Сдано в набор 25.04.10 г.
Подписано в печать 04.05.10 г.
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2
Бумага листовая
Печать офсетная

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

© «Руды и металлы», 2011



А.И.Кривцов внес огромный вклад в развитие научно-методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. Ему принадлежат основополагающие разработки методов прогноза и поисков месторождений на базе рудно-формационного анализа. В области теоретических основ прогноза и поисков рудных месторождений геологические формации классифицированы по их роли в рудогенезе и выявлен комплекс признаков рудогенерирующих, рудоносных и рудовмещающих геологических формаций.

По инициативе и при личном участии А.И.Кривцова созданы прогнозно-поисковые комплексы, представляющие собой технологические схемы реализации процесса геологических работ. Они позволяют выбирать наиболее рациональные варианты проведения работ с учетом обстановок нахождения объектов поисков и уровня геологической и поисковой изученности рудоносных площадей. Основой прогнозно-поискового комплекса служит прогнозно-поисковая модель месторождения определенного геолого-промышленного (рудно-формационного) типа с набором соответствующих элементов-признаков, которые надежно опознаются необходимым и достаточным комплексом методов.

А.И.Кривцов интенсивно развивал работы по созданию многофакторных моделей рудных месторождений, которые по его инициативе были начаты в отрасли в 1985 г. Под его руководством и при личном участии в ЦНИГРИ создана система моделей месторождений цветных и благородных металлов, основанная на принципах рудно-формационного анализа и геологической аналогии. В практике прогнозно-поисковых работ модели месторождений с учетом обстановок нахождения позволяют определять возможное положение и оценивать масштабы скопления рудного вещества в виде прогнозных ресурсов. Огромный фактический материал, сконцентрированный в разработанных моделях, открывает возможности разработки новых научно-методических прие-

мов для прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений, создания легенд к прогнозным картам различного масштаба.

Исходя из созданных прогнозно-поисковых комплексов, были разработаны Требования к результатам геологоразведочных работ по стадиям, сформулированы ожидаемые результаты, определены необходимые виды и методы исследований. Прогнозно-поисковые комплексы составляют основу требований к качеству геологоразведочных работ и определяют их затратную часть, выраженную в предельных нормативах стоимости единицы геологического задания. Для оценки качества геологоразведочных работ А.И.Кривцовым рекомендовано использовать критерии, определяющие их эффективность, достоверность получаемых результатов и степень подготовленности площадей для постановки последующих стадий, определения прогнозных ресурсов и запасов. Разработанные требования представляют основу для установления обоснованной цены единицы конечной геологической продукции (ПНС), применяемой в целях повышения экономической эффективности и качества конечных геологических результатов. Эти разработки, выполненные лично А.И.Кривцовым и под его руководством в доперестроечный период, могут использоваться и в сложившемся в настоящее время минерально-сырьевом секторе экономики страны для создания противозатратного механизма геологоразведочного производства.

Большое значение А.И.Кривцов придавал совершенствованию концептуальных подходов к металлогеническому анализу и методическим основам прогнозно-металлогенических построений. Им выполнены оригинальные исследования по металлогении вулканоплутонических поясов, контролирующих размещение широкого спектра рудных месторождений; предложены различные варианты совмещения информационных слоев металлогенических карт, характеризующих геологическую среду, ее рудоносность и физические характеристики. Предложенные подходы обеспечивают выполнение основных требований к прогнозно-металлогеническим построениям — достоверность и воспроизводимость их результатов.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СТРАНАХ БРИК

И.А.Августинчик (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), avg@tsnigri.ru

BRIC COUNTRIES: FUTURE VIEWS FOR THEIR NON-FERROUS AND PRECIOUS METALS MINERAL BASE

I.A.Avgustinczyk

Среднесрочные перспективы развития мирового сырьевого сектора определяются возможностью вовлечения в освоение подготовленных для этого месторождений или горнорудными проектами. Особый интерес вызывают возможности освоения сырьевых ресурсов быстро развивающихся стран — Бразилии, России, Индии и Китая (БРИК) в сравнении со странами, относимыми к развитым и развивающимся.

Мониторинг мировых горнорудных проектов и анализ среднесрочной обеспеченности сырьем благородных и цветных металлов стран БРИК показывают, что наиболее крупные проекты, прошедшие стадию ТЭО или ожидающие ее завершения к концу 2009–2010 гг., представлены в этих странах всего четырьмя объектами из 84 изученных (4,8%). Это золоторудный Xietongmen и серебряный Fuwan в Китае, медный Агаргаса и ванадиевый Magacas в Бразилии [5]. Этот факт может отражать перспективу надвигающегося дефицита обеспеченности стран БРИК сырьем благородных и цветных металлов на среднесрочную перспективу. Показатель отношения доказанных запасов полезного ископаемого к его добыче за конкретный год снижается или незначительно растет во всех странах БРИК, кроме золота в России и никеля в Бразилии. Наиболее неблагоприятно положение в Индии (нет новых объектов) и России, где имеется ряд крупных объектов (например, Удокан, Озерное), но они только готовятся к освоению или начинают осваиваться, хотя предварительная оценка их с точки зрения экономической доступности еще несколько лет назад указывала на реальные возможности освоения [1]. Кроме того, перспективы наращивания сырьевого потенциала благородных и цветных металлов в странах БРИК сдерживаются необходимостью решения ряда прогнозно-поисковых, правовых, финансовых, технологических, географо-экономических, экологических и других проблем [2, 5].

Перечисленные проблемы применительно ко всем странам БРИК свидетельствуют о возможном отсутствии в среднесрочной перспективе даже простого воспроизводства запасов и возникновении проблем с обеспеченностью сырьем к срокам, которыми обозначено прогнозируемое превращение этих стран в мировых экономических гигантов [3]. Налицо ухудшение ситуации и перерастание ее в угрожающее состояние в ближайшие 10–15 лет, особенно в Китае при бурных темпах развития его экономики, резко растущем спросе на сырье и реальных возможностях его быстрого восполнения.

Современный уровень потребления благородных и цветных металлов на душу населения в сопоставлении с объемом ВВП в странах БРИК и ведущих промышленно развитых странах также показывает, что странам БРИК придется пройти длительный путь для достижения уровней сырьевого благосостояния развитых стран.

Обеспеченность всех стран БРИК, кроме России, наиболее важными в условиях возникающих кризисных состояний мировой экономики высоколиквидными активами (золото и другие драгметаллы) на душу населения также остается низкой (менее 1 г/чел, в России около 7 г/чел) по сравнению с развитыми странами [4]. Ее улучшение требует резкой интенсификации производства соответствующих металлов в этих странах или их импорта (Индия). В целом выявляется необходимость длительных, систематических и разносторонних усилий стран БРИК в сырьевой сфере благородных и цветных металлов, прежде чем окажется возможным их выход на передовые рубежи экономического развития в современном мире. Наибольшие перспективы достижения этих рубежей остаются, по-видимому, только у России при ее высоких уровнях запасов и производства благородных и цветных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Августинчик И.А., Мызенкова Л.Ф. Экспрессная оценка затрат на освоение месторождений благородных и цветных металлов на основе геолого-экономических моделей (по зарубежным горнорудным проектам) // Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы. Научно-практическая конференция, 4–6 апреля 2006 г. М., 2006. С. 192–203.
2. Мызенкова Л.Ф., Августинчик И.А. Оценка возможностей освоения объектов МСБ благородных и цветных металлов России в современных условиях // Тр. Международной конференции «Минерально-сырьевая база черных, легирующих и цветных металлов России и стран СНГ: проблемы и пути развития». М., 2008. С. 110–118.

3. *Curson B., Allison J.* Welcome to tomorrow's economic giants... – Focus capital. Global emerging markets from a different perspective., FcA3a9.pdf.
4. *Gold Reserve.* – Reserve Asset Statistics. http://www.research.gold.org/reserve_asset.
5. *Mine Development Opportunities.* Mine Development Projects. – Global InfoMine, 31 Dec. 2008. <http://www.infomine.com/suppliers/mineddevelopments>.

РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ ПРОГНОЗА МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУД НА ПРИМЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЙ МОРЕННОЙ ПЛОЩАДИ, ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ

О.В.Авилова, А.В.Андреев, Р.Х.Мансуров (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
nms@tsnigri.ru

ZONAL PATTERNS OF METASOMATITES AND ORES AS A PREDICTIVE TOOL IN CU-PORPHYRY EXPLORATION (AS EXEMPLIFIED BY THE MORENNAYA PROSPECT CASE HISTORY, CHUKCHI AO)

O.V.Avilova, A.V.Andreev, R.Kh.Mansurov

Изучение вещественного состава и зональности руд и метасоматитов — необходимая часть разработанной в ЦНИГРИ под руководством А.И.Кривцова методики крупномасштабного и локального прогноза месторождений медно-порфирового геолого-промышленного типа. В качестве объекта исследований нами выбраны медно-порфировые проявления Моренной перспективной площади.

Моренная площадь выделена в Танюерском меднорудном районе, расположенном в области сочленения позднеостроводужного Удско-Мургальского и орогенно-активизационного (андезитоидного) Охотско-Чукотского вулканоплутонических поясов. Здесь установлены рудопроявления Базовое и Моренное, перспективные на обнаружение промышленных медно-порфировых руд. Основным элементом их строения являются сближенные крутопадающие дайкообразные тела кварцевых диоритовых порфиризов и сопряженные с ними эксплозивные брекчии, завершающие становление раннемеловой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитовой формации (мургальский комплекс). Породы рамы рудоносных порфировых интрузивов представлены среднезернистыми кварцевыми диоритами и тоналитами главной фазы этого комплекса. Дайкообразные тела диоритовых порфиризов контролируют положение ореолов гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород и проявлений вкрапленной, гнездово-вкрапленной, в меньшей степени прожилково-вкрапленной сульфидной медной минерализации в центральных частях метасоматических ореолов.

Установлена линейно-концентрическая зональность гидротермально-метасоматических преобразований относительно тел кварцевых диоритовых порфиризов. От центра к периферии и снизу вверх проявлены смена и телескопирование «типовых» для медно-порфировых месторождений метасоматических зон: кварц-калшпат-биотитовой (калиево-кремневой) – (карбонат)-кварц-серицитовой (филлизитовой) – (карбонат)-кварц-хлорит-серицитовой (переходной) – (карбонат)-альбит-эпидот-хлоритовой (пропилитовой). В том же направлении сменяют друг друга типы руд: халькопиритовый с редкими борнитом, теннантитом, люционитом, халькозином и дигенитом – (молибденит)-пирит-халькопиритовый – халькопирит-пиритовый – пиритовый – магнетитовый – полисульфидный.

Минерализованные зоны с содержанием $\text{Cu} > 0,1\%$ охватывают филлизитовую и переходную метасоматические зоны. На рудопроявлении Базовое такая зона при ширине выхода до 200–400 м протягивается на расстояние $> 1,5$ км в западно-северо-западном направлении согласно с ориентировкой рудоносных порфировых тел. Наиболее высокие концентрации Cu (до 1%) сосредоточены в центральных частях филлизитовой зоны.

В направлении от центра к периферии в метасоматических ореолах наблюдаются рост содержаний Mg , Mn , Ca , Ti , Fe , V , Ni , что соответствует увеличению доли хлорита, эпидота, рутила, лейкоксена, пирита в породах, и падение содержаний Cu , Ag , Mo , что отвечает уменьшению доли сульфидов меди и молибдена. На флангах рудно-метасоматического ореола рудопроявления Моренное повышенные содержания Pb , Zn , Ag , Se , Bi , Cd связаны с проявлением жильной полисульфидной минерализации.

Таким образом, на Моренной площади выявлены основные признаки медно-порфировых рудно-метасоматических систем: массив, сложенный потенциально рудоносной габбро-диорит-тоналит-плагиограни-

товой формацией; рудоносные порфировые интрузивы; эксплозивные брекчии; типовая рудно-метасоматическая зональность; промышленные (и близкие к ним) концентрации Cu.

Рудно-метасоматическая зональность на рудопрооявлениях Базовое и Моренное, отвечает верхнерудному срезу медно-порфировой рудно-магматической системы, что позволяет прогнозировать промышленные руды на более глубоких горизонтах.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРЕПАНОВСКОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РУДНЫЙ АЛТАЙ

Г.Ю.Акимов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), В.И.Тимкин (ОАО «ГАЗ»), В.А.Мальков, Д.Н.Задорожный (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), shtagal@yandex.ru

GEOLOGY, CHEMISTRY, MINERALOGY AND EVOLUTION OF CHEREPANOVSKOE Au-Ag DEPOSIT, RUDNY ALTAI

G.Yu.Akimov, V.I.Timkin, V.A.Mal'kov, D.N.Zadorozhny

Черепановское месторождение в Змеиногорском районе Алтайского края открыто промывальщиком Черепановым в 1780 г. Приурочено к жерловине девонского палеовулкана диаметром 400–600 м, которая сложена преимущественно субвулканическими и экструзивными риолитами каменевского базальт-дацит-риолитового комплекса (D_{2-3}), прорванными многочисленными трубообразными телами флюидно-эксплозивных брекчий (ФЭБ) и более поздними дайками долеритов двух фаз, относимых предшественниками к змеиногорскому комплексу (D_3-C_1). Контуры жерловины выделены по развитию сближенных тел ФЭБ диаметром 20–80 м. Рудные жилы (отрабатывавшиеся на серебро в XVIII–XIX вв.) сформировались в возрастной «вилке» между внедрением даек долеритов двух фаз. Жилы характеризуются северо-восточно-субмеридиальным и западно-северо-западно-субширотным простиранием и приурочены к зонам расщепления соответствующих направлений.

Выделены руды двух типов: прожилково-вкрапленные галенит-сфалерит-кварцевые (Au-Ag-полиметаллические) и жильно-прожилковые Au-Ag существенно кварцевые. Гидротермальная минерализация на месторождении формировалась в два этапа. В первый этап, близкий ко времени образования вулканоструктуры, по вулканитам кислого состава и ФЭБ сформировались гидрослюдисто-кварцевые метасоматиты и кварциты и (судя по обломкам халцедоновидного кварца в ФЭБ) часть безрудных кварцевых жил и прожилков. Во второй этап, отделенный от первого внедрением даек долеритов, происходило образование специфических околорудных метасоматитов и Au-Ag руд.

Околорудные метасоматиты включают пять последовательных парагенетических минеральных ассоциаций, развитых вдоль мельчайших трещинок в кварцитах и гидрослюдисто-кварцевых метасоматитах первого этапа: адуляр-кварцевую, ортит-альбит-кварцевую, эпидот-кварцевую, пирит-тремолит-хлорит-кварцевую, мусковит-кварцевую. Эти же ассоциации отмечаются и в рудных прожилках, где мусковит кристаллизуется совместно со сфалеритом. В метасоматитах постоянно присутствуют мельчайшие (1–2 мкм) минералы серебра фаз в сростании с пиритом и галенитом: миаргирита и селенидов Ag. Возраст мусковита (мусковит-фенгит политипа 2m1), определенный K-Ag методом по двум пробам, составил 330 и 345 млн. лет, что отвечает визейскому времени.

В рудах первого типа, кроме галенита и сфалерита (Fe 3,70–6,43 мас. %), присутствуют пирит, халькопирит, арсенопирит, фрейбергит (Ag 27–36 мас. %), Ag-тетраэдрит (Ag 22–25 мас. %), тарынит (Ag 47–48 мас. %), самородное золото (787–794‰), электрум (301–666‰), кюстелит (164–291‰), алларгентум (Au 6–7%), миаргирит, пираргирит, стефанит, полибазит, буланжерит (Ag 1,9–2,2 мас. %), менегинит и пирротин. Кварц халцедоновидный, массивный, нескольких генераций.

Руды второго типа существенно кварцевые массивные и колломорфно-полосчатые. В колломорфно-полосчатых рудах установлены пирротин, галенит, сфалерит, халькопирит, миаргирит и ютенбогардит $AuAg_3S_2$. Последний, по-видимому, является одним из главных носителей золота. В зоне окисления наблюдалось его замещение горчичным золотом (проба 758–791‰; Hg 0–4,1 мас. %) и бромаргиритом, а миаргирита — экзогенным акантитом.

Таким образом, Черепановское месторождение — типичный представитель Au-Ag формации. Оно заметно моложе Au-Ag-содержащих колчеданно-полиметаллических месторождений района, с которыми его раньше связывали.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
Е.М.Аксенов, Г.Г.Ахманов (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России),
root@geolnerud.net

GEOLOGICAL EXPLORATION MODELS: IMPLICATIONS IN PREDICTION, EXPLORATION AND EVALUATION OF INDUSTRIAL MINERALS
E.M.Aksenov, G.G.Akhmanov

Неметаллические полезные ископаемые — природные минеральные образования, потребителями которых являются многочисленные сферы материального производства. Многоцелевое и широкомасштабное использование неметаллов в базовых комплексах промышленности и сельского хозяйства определяет их экономическую значимость, которая возрастает в условиях научно-технического прогресса, многократно расширивших сферы их применения.

Сравнительный анализ состояния минерально-сырьевых баз целого ряда неметаллических полезных ископаемых России и ведущих промышленно развитых стран показал, что положение с некоторыми их видами можно назвать критическим или приближающимся к таковому. Оценка (переоценка) прогнозных ресурсов по состоянию на 01.01.10 дефицитных видов неметаллов (бентонитов, элювиальных каолинов, кристаллического графита, высококачественных фосфоритов, сульфатов калия, барита) выявила их ограниченность или отсутствие (высококачественного барита, щелочных бентонитов, природной соды).

Для обеспечения текущих и перспективных потребностей страны Долгосрочной государственной программой... определены задачи и мероприятия, включающие геологоразведочные работы на объектах и исследования научно-методического плана, в том числе разработку типовых моделей месторождений.

Моделирование — построение абстрактного объекта на базе комплекса исследований, приближающего к выявлению реального объекта, — должно быть неотъемлемой частью геологоразведочного процесса, предвзято и сопровождая его на всех стадиях. А.И.Кривцовым и др. (в зависимости от использования) выделяется ряд моделей: генетические, раскрывающие процесс рудообразования; классификационно-признаковые, статистические и количественные, используемые при металлогеническом анализе, прогнозировании и поисках; рудных тел; морфологические, применяемые при поисково-оценочных и разведочных работах, и др.

Ведущими специалистами ЦНИИгеолнеруд разработаны разноранговые модели для ряда неметаллических полезных ископаемых, которые позволяют решать перечисленные выше задачи. В качестве примера приведен комплекс разноранговых моделей: нового для апатита метафосфоритового, барита стратиформного и остаточного, фосфоритов ракушечного, желвакового и песчаниково-зернистого геолого-промышленных типов; щелочных бентонитов, графита и др. В более полном объеме модели 12 видов неметаллических полезных ископаемых приведены в изданном ЦНИИгеолнеруд трехтомнике «Количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов неметаллических полезных ископаемых».

Создание типовых геолого-поисковых моделей месторождений позволило переоценить ресурсный потенциал известных рудоносных провинций и прогнозировать месторождения в новых регионах: нефелин-апатитового в рифтогенных структурах Восточно-Европейской платформы; песчаниково-зернистых фосфоритов в Средне-Волжском бассейне; стратиформного барита в Сихотэ-Алинской складчатой системе, остаточного — в Хакасском срединном массиве; калийных солей в Прикаспийском и Калининградском бассейнах; щелочных бентонитов в Предкавказской и Западно-Сахалинской минералогических зонах и др.

ОЦЕНКА СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ОСНОВНЫХ ИНДИКАТОРОВ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Я.В.Алексеев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), ikksu@mail.ru

ESTIMATION OF THE KEY MINERAL SUPPLY INDICATORS EQUILIBRATION APPLIED TO SUBSTANTIATION OF REPLENISHMENT OF THE NATIONAL MINERAL BASE

Ya.V.Alekseev

В общей структуре мировой добычи (потребления) полезные ископаемые (ПИ) связаны друг с другом определенными пропорциями, которые отражают основные технологические процессы современной промышленной инфраструктуры и служат показателями межотраслевого баланса. Для оценок данных зависимостей применяют такие показатели, как металл-фактор (Fe-фактор, Cu-фактор), ТЭС-фактор, суть которых в нормировании добычи (потребления) минерального сырья (МС) на единицу указанных величин. Однако используя только их, незатронутыми остаются аналогичные отношения масс, приходящиеся, например, на единицу Au или Zn. Поэтому представляется целесообразным рассматривать такие соотношения между ПИ в целом, анализируя при этом не только добычу, но и запасы. Показатель металлоемкости (материалоемкости) добычи (запасов) топливно-энергетического сырья (ТЭС), являясь частным случаем предлагаемого подхода, тем не менее, основополагающий ввиду роли энергоресурсов в жизни современной цивилизации.

Для определения отношений масс проведен анализ доказанных (подтвержденных) запасов и добычи 29 ПИ по миру и РФ в 2008 г. по данным ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ». В их число вошли нефть с газоконденсатом (исходные данные по запасам в РФ — *BP*), природный горючий газ (ПГ), уголь, U, руды Fe, Mn, Cr, бокситы, Cu, Ni и Co (исходные данные по запасам Ni и Co в РФ — *USGS*), Pb, Zn, Sn, WO₃, Mo, Sb, Hg, TiO₂, Ag, Au, Pt, фосфаты (P₂O₅), калийная соль (K₂O), барит (BaSO₄), а также Li₂O, BeO, Nb₂O₅, Ta₂O₅ (без РФ). Включение нефти с газоконденсатом (НСГ) и ПГ, не относящихся к твердым ПИ, обусловлено их необходимостью при расчете требуемых показателей.

Согласно анализу значений металлоемкости добычи ТЭС, где ТЭС (тут) — сумма НСГ, ПГ, угля в условном топливе, для мира установлены три группы ПИ: BeO, Pt, Au, Hg, Ta₂O₅ (мг/тут); Ag, Li₂O, U, Nb₂O₅, W, Co, Sb, Mo, Sn, Ni, Pb, TiO₂, BaSO₄, Zn (г/тут); Cu, руды Cr и Mn, K₂O, P₂O₅, бокситы, Fe-руды (кг/тут). В РФ сохранены указанные отношения для ПИ, при этом наименьшие отличия по сравнению с мировыми отмечены у P₂O₅, Au (0,6), U, Co (0,7), Pt (1,2), Ni (1,4), K₂O (1,6). При расчете металлоемкости запасов ТЭС для мира и РФ имеет место несколько иной порядок ПИ, чем в добыче, но и здесь отношения масс в целом остаются прежними.

Сопоставив металлоемкость запасов и добычи ТЭС для заданного ПИ, можно рассчитать металлоемкость (материалоемкость) обеспеченности добычи ТЭС (МОТЭС). Она характеризует соотношения годовой обеспеченности добычи МС с аналогичным значением ТЭС. Обратной к ней является энергоемкость обеспеченности добычи МС (ЭОМС). Вследствие этого ПИ, МОТЭС которых существенно превышает единицу (ЭОМС < 1), в долгосрочной перспективе могут оказаться без обеспеченности энергией, необходимой для их извлечения из недр. В то же время добыча ТЭС требует определенное количество МС. Соответственно ПИ, чья величина МОТЭС значительно меньше единицы, могут повлиять на возможность извлечения из недр собственно ТЭС.

Из анализа МОТЭС следует, что для мира только U (0,87), руды Cr и Fe (1,26) сопоставимы с годовой обеспеченностью ТЭС. Для Ni значение равно 0,7, W, Cu, Nb₂O₅, Mo, BaSO₄ ~ 0,6, P₂O₅ 0,5, Au и Ag 0,4, Zn, Sn, Pb 0,3, Sb 0,17. По остальным ПИ значения превысили годовую обеспеченность добычи ТЭС от 1,4 до 5,2 раз. В РФ наибольшая сходимость с ТЭС отмечена по Zn (0,74), W (0,77), BaSO₄ (1,35), минимальные значения у Ni и руд Cr (0,2), максимальные — у руд Mn и TiO₂ (33 и 42).

Таким образом, предлагаемый подход позволяет оценить сбалансированность основных индикаторов минерально-сырьевого обеспечения РФ или мира в целом. Его можно использовать для определения приоритетности тех ПИ, по которым в долгосрочной перспективе необходимо проведение поисковых работ на выявление новых запасов.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ТЕЛ ЗОЛОТО-СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НОВОГОДНЕЕ-МОНТО, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

А.В.Андреев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

NOVOGODNEE-MONTO, POLAR URALS: GEOLOGY AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF AURIFEROUS SKARNS

A.V.Andreev

Золото-скарновое месторождение Новогоднее-Монто — одно из первых промышленных золоторудных объектов, обнаруженных в пределах Малоуральского вулканоплутонического пояса. Оно приурочено к экзоконтактовой области массива гранитоидов габбро-диорит-тоналит-плагиогранитовой формации (D_1), характеризующейся широким проявлением скарнообразующих процессов. Рудовмещающая толща (S_2-D_1) сложена вулканогенно-осадочными породами андезито-базальтового состава с мощными (до 200 м) линзами мраморизованных известняков. Породы толщи рассечены разнонаправленными разрывными нарушениями с ореолами интенсивной трещиноватости, смяты в пологие складки, сопровождающиеся межпластовыми срывами и брекчированием, метасоматически проработаны под воздействием контактового ореола гранитоидного интрузива. Литолого-структурные особенности строения месторождения обусловили образование в его пределах двух основных структурно-вещественных типов золотых руд, сформированных на двух стадиях единого рудно-метасоматического процесса.

На ранней высокотемпературной стадии (450–350°C) сформировались руды *золото-сульфидно-магнетитового типа* в скарновых и скарново-магнетитовых залежах, локализованных на нескольких сближенных уровнях разреза с горизонтами карбонатных и карбонатсодержащих вулканогенно-осадочных пород. Мощность рудовмещающих залежей составляет десятки метров, протяженность десятки–сотни метров. Промышленные золотые руды представлены сульфидизированными и окварцованными гнездами, линзами, пластообразными и секущими жильнообразными телами мощностью до первых метров в скарново-магнетитовых залежах, а также в брекчированных карбонатных и вулканогенных породах. Содержания Au в рудных телах составляют от первых граммов до первых десятков граммов на 1 т. Главные рудные минералы — магнетит, пирит ранней генерации, кобальтин, халькопирит. Самородное золото этих руд представлено включениями разнообразной формы в рудных (в наибольшей степени обогащен золотом кобальтин) и жильных (хлорите и кварце) минералах, выполняет микротрещины и каверны в магнетите и пороодообразующих минералах. По химическому составу золото характеризуется двумя разновидностями — преобладающим высокопробным (900–990‰) в кобальтине и магнетите и относительно низкопробным (760–880‰), ассоциирующим с халькопиритом, пиритом и жильными минералами.

На более поздней низкотемпературной стадии (270–130°C) сформировались руды *золото-сульфидно-кварцевого типа*, приуроченные к тектоническим нарушениям преимущественно субмеридионального простирания, выраженные серией крутопадающих линейных зон серицит-хлорит-карбонат-кварцевых метасоматитов (филлизитов) по вулканогенно-осадочным породам. Мощность зон 1–10 м, протяженность 100–600 м, к их осевым частям приурочены невыдержанные линзовидные и жильно-прожилковые кварцевые тела. Промышленные золоторудные тела достигают 50–150 м при мощности 1,3–2 м. Содержание Au составляет от долей до >100 г/т. Главный рудный минерал — пирит поздней генерации, редкий, но достаточно характерный — галенит. Общее количество сульфидов в рудах не превышает 10%. Самородное золото представлено мельчайшими частицами и микропрожилками в пирите, галените и жильных минералах. В жильном кварце оно часто представлено изометричными зернами или занозистыми выделениями. Золото содержит существенную примесь серебра и является относительно низкопробным.

Рассмотренные типы золотых руд несколько разобщены в пределах месторождения: золото-скарновый локализован на участке, сложенном преимущественно карбонатными породами в приконтактовой части интрузива, золото-сульфидно-кварцевый — на удалении порядка 250 м от контакта и тяготеет к вулканогенно-осадочным породам. Между полями распространения этих типов руд существует область их пространственного совмещения.

По комплексу признаков установлено, что золотые руды месторождения Новогоднее-Монто образованы по классической модели золото-скарновых месторождений (Д.С.Коржинский, В.А.Жариков, В.А.Вахрушев и др.), отражающей их двухстадийное формирование. Выделяются стадия образования известковых скарнов и стадия образования метасоматитов филлизитового типа на фоне эволюции температурного и химического режима рудообразующей системы.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЕВЫХ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В.И.Андреев, В.В.Ананьев (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН), via@ksnet.ru

FIELD RADIOMETRIC SURVEYS IN MINERAL EXPLORATION

V.I.Andreev, V.V.Anan'ev

Радиометрические методы исследований применимы для поисков и разведки естественных радиоактивных элементов (U, Th, K) и некоторых других нерадиоактивных твердых полезных ископаемых. Для качественной оценки месторождений и рудопроявлений радиоактивных элементов используется интегральный метод площадного или линейного определения гамма-излучения с последующим локальным применением спектрального метода и легких горных выработок (шпуров) при более детальных исследованиях.

На гидротермальных источниках и рыхлых отложениях может применяться эманационная съемка — определение объемной активности Ra в спонтанных газах термальных источников и «почвенном» воздухе в шпурах глубиной в пределах 1 м. Повышенные содержания радиоактивных элементов в сочетании с редкоземельными и минералами Be могут быть поисковым признаком для обнаружения рудопроявлений фосфоритов.

Рудопроявления некоторых нерадиоактивных твердых полезных ископаемых гидротермального генезиса, в частности Cu, Pb, Zn, Au, Mo, W, имеют низкую радиоактивность и окружены ореолом гидротермально измененных пород, обладающих повышенной гамма-активностью. На площадной схеме гамма-активности такие рудопроявления образуют концентрические зоны, на периферии которых радиоактивность выше, а в центральной части ниже фоновой.

На одном из гидротермальных проявлений Камчатки (Налычево) с повышенной гамма-активностью (до 36 мкР/ч) и объемной активностью Ra в почвенном воздухе (до 80 кБк/м³) отмечаются повышенные содержания As и В.

В большинстве случаев отношение радиоактивных элементов U, Th, K (Th/U и K/U) и радиоактивное равновесие между материнскими и дочерними изотопами (обычно ²²⁶Ra/²³⁸U), а также индикаторные отношения Th/U и K/U на подобных рудопроявлениях заметно отклоняются от среднего. Для определения отношений Th/U и K/U следует применять спектральный метод или лабораторные исследования. Качественное определение нарушения радиоактивного равновесия возможно путем проведения радиометрической и эманационной съемок.

Таким образом, радиометрические методы могут успешно применяться при поисках и разведке ряда радиоактивных и нерадиоактивных элементов (твердых полезных ископаемых).

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ РУДНОГО ПОЛЯ КАК ОСНОВА ЕГО ВЫДЕЛЕНИЯ И ОКОНТУРИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАСПИНСКОЙ ПЛОЩАДИ, ВОСТОЧНЫЕ САЯНЫ

Т.Е.Анненкова, В.Н.Хасанов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

REVEALING AND CONTOURING MINERALIZED OBJECTS USING THE ORE FIELD-LEVEL EXPLORATION MODEL (AS EXEMPLIFIED BY THE KASPINSK AREA, EAST SAYAN)

T.E.Annenkova, V.N.Khasanov

В период 2007–2009 гг. в пределах Каспийской площади (220 км²) Ольховско-Чибикжеского рудного района Кизир-Казырской минерагенической зоны (Восточные Саяны) за счет средств федерального бюджета проведены поиски рудного золота (Ю.В.Беспалов, Е.С.Единцев и др., 2009, 2010 гг.). Основной геологической задачей работ было выделение и прослеживание минерализованных зон, перспективных на выявление месторождений золото-сульфидно-кварцевого типа, локализация и оценка прогнозных ресурсов золота категории Р₂ как в коренных рудах, так и в золотоносных корах химического выветривания (ЗКХВ, КХВ). Вся территория работ покрыта рыхлыми отложениями коры выветривания мощностью >5 м.

При опережающих литохимических поисках по потокам рассеяния м-ба 1:25 000 было выявлено большое количество аномалий Au, заверка которых, с незначительным объемом горных и буровых работ,

выполнена лишь на четырех участках детализации. Фрагментарно прослежены протяженные субширотные крутопадающие зоны рассланцевания и трещиноватости с содержанием Au от следов до десятков граммов на 1 т. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава в пределах участков детализации приурочены к полям развития эпидот-хлоритовых, альбит-карбонат-кварцевых, кварц-кальцит-серицит-хлоритовых метасоматитов в экзо-эндоконтактных частях даек, штоков и силлов габбро, габбро-диоритов, прорывающих отложения позднего рифея и раннего–среднего кембрия. Оценка прогнозных ресурсов Au категории P_2 проводилась без оконтуривания потенциальных рудных полей.

В рамках методического сопровождения федеральных объектов геологоразведочных работ, переоценки прогнозных ресурсов Au авторами предложен вариант оконтуривания рудных полей в пределах Каспинской площади. При сравнении с вероятными объектами-аналогами (Т.Я.Корнев, Н.Е.Зобов, 2008 г.) [1] определен комплекс критериев и признаков локализации рудных зон. Составлена геолого-поисковая модель потенциальных золоторудных полей для Каспинской площади, выделены ее основные элементы.

Задача оконтуривания рудных полей решалась путем отражения элементов модели на геологической основе с интерпретацией имеющихся данных и выявлением признаков, косвенно характеризующих эти элементы на полностью закрытой территории. Учитывая широкое развитие на площади коры химического выветривания, была построена схема изолиний ее подошвы. Линейные области наибольшей мощности коры позволили выделить зоны рассланцевания, трещиноватости, будинирования, наименьшей — более «жесткие» блоки.

Определение золотоносности КХВ (по геохимическим данным и результатам заверки), положения ЗКХВ показало позицию коренных рудных зон, уже известных и предполагаемых. Анализ литолого-фациальной изменчивости рудовмещающих толщ при сопоставлении разрезов выявил два типа обстановок локализации золоторудных минерализованных зон.

В дальнейшем предполагается оценить прогнозные ресурсы золота категории P_2 , коренных руд и золотоносных кор выветривания в пределах потенциальных рудных полей Каспинской площади, контур которых проведен с учетом всех указанных критериев локализации золоторудных минерализованных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Модели месторождений золота Енисейской Сибири / С.С.Сердюк, Ю.Е.Коморовский, А.И.Зверев и др. — Красноярск: СФУ ИГДГиГ, 2010.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.И.Ануфриева, Э.Г.Литвинцев, А.А.Рогожин (ВИМС Роснедра Минприроды России),
vims-rudnev@mail.ru

USAGE OF REFRACTABLE MINERALS: PROMISING EXTRACTION TECHNIQUES AND FUTURE VIEWS

S.I.Anufrieva, E.G.Litvintsev, A.A.Rogozhin

Ресурсная база отечественного минерально-сырьевого комплекса все в большей мере характеризуется низкокачественными типами руд с низкими содержаниями полезных компонентов, комплексным составом и сложной обогатимостью. Перспективы освоения и развития отечественной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых связаны с созданием и внедрением современных технологий добычи, обогащения и передела руд, обеспечивающих полноту и комплексность извлечения главных и сопутствующих полезных компонентов, рентабельное получение высококачественной ликвидной товарной продукции, минимизацию потерь и экологических последствий производства.

В ВИМС в последние годы проводились исследования по совершенствованию технологий переработки труднообогатимых руд Fe, Mn, Cr, Sn, W, U, TR, благородных металлов и других видов твердых полезных ископаемых более чем из пятидесяти месторождений и рудопоявлений суши и дна Мирового океана, а также техногенных образований. В основу этих исследований, направленных на разработку эффек-

тивных схем обогащения руд и химического передела концентратов, были, как правило, положены следующие принципиальные подходы:

применение широкого арсенала методов современной технологической минералогии в целях контроля минерального состава руд, свойств, состава и характера вкрапленности полезных минералов, изучения их технологических свойств и прогнозирования поведения на различных стадиях передела;

детальное изучение типов и сортов руд в пределах месторождения на основе минералого-технологического картирования для формирования представительных технологических проб и разработки технологических схем, контролируемых по устойчивости к вариациям состава и свойств руд;

рациональное сочетание различных методов и современных технических средств добычи, предварительного крупнопорционного или кускового обогащения, селективной рудоподготовки, магнитной, гравитационной, электрической сепарации, селективной флотации в целях наиболее полного извлечения полезных компонентов и получения широкого спектра ликвидных товарных продуктов;

выбор оптимального комплекса пиро- и гидрометаллургических процессов для переработки труднообогатимых руд и продуктов их обогащения (концентратов, промпродуктов, шламов); подготовка тонкодисперсных концентратов к металлургической плавке;

обеспечение оптимального соотношения степеней передела на каждой стадии технологической схемы, включая предварительное обогащение, дробление и измельчение, глубокое обогащение и гидрометаллургический передел в целях обеспечения эффективной и рентабельной переработки руд;

определение металлургического качества концентратов с использованием современных металлургических процессов для выявления возможности эффективного освоения месторождений низкокачественных комплексных руд с получением, в том числе ликвидных, нестандартных продуктов.

Разработанные комплексные технологические схемы позволят повысить эффективность действующих производств, вовлечь в промышленную переработку резервные и вновь открываемые месторождения бедных труднообогатимых руд твердых полезных ископаемых.

ОБСТАНОВКИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАМЕННО-УГОЛЬНЫХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ПАЛЕОБАСЕЙНАХ ЮЖНОГО УРАЛА И КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ РУДОНОСНЫХ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Ч.Х.Ариффулов, И.В.Арсентьева (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),

arif_chin@yahoo.com, irisha7ars@rambler.ru

SOUTH URALIAN BLACK SHALE PALEO-BASINS OF CARBONIFEROUS AGE: FORMATIVE ENVIRONMENTS OF AURIFEROUS SEQUENCES AND DELINEATION CRITERIA FOR MINERALIZED LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS

Ch.Kh.Arifulov, I.V.Arsent'eva

На Южном Урале раннекаменноугольные черносланцевые формации приурочены к рифтогенным грабенам, обрамляющим основание Восточно-Уральского поднятия и разделяющим его на ряд тектонических блоков. В южной части Аландско-Тогузакского блока, на сопряжении Кировско-Крыклинского («К») и Айдырлинско-Брединского («А») грабенов в едином рудоносном палеобасейне в зависимости от палеорельефа дна реализуются различные условия седиментации углеродистых гравитационно-микститовых осадков. Критериями выделения рудоносных литолого-стратиграфических уровней являются: наличие углеродисто-терригенных микститовых отложений, связанных с оползневыми процессами; состав и геохимические характеристики ореолов сульфидной минерализации, фиксирующие проявление гидротермально-осадочных преобразований. Рудоносные отложения данного палеобасейна соответствуют одному литолого-стратиграфическому уровню, но различаются по мощностям, составу, золотоносности и минералого-геохимическим характеристикам пиритовой минерализации. Содержания элементов определены методом ICP-MS (объем выборки 474 пробы).

Выделены следующие обстановки седиментации:

базальт-риолитовые постройки на границах тектонических блоков («островов») с девонским основанием (юго-западная часть «К» и центральная часть «А»), где развиты подрудные вулканогенные микститы, тефроиды. Рудоносные углеродисто-терригенные микститы слагают маломощные горизонты. В пирит-

тах повышены (относительно фона) содержания Cd, Sn, Pb, U, Tl, Ni, Te, Cu, Zn. $\delta^{34}\text{S}$ пиритов $-27,7 \div +10,8\text{‰}$, золотоносного (до 3,2 г/т) пирита $-9,3 \div -4,3\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ углеродистого вещества (УВ) $-23,0 \div -15,3\text{‰}$;

магматически активные приподнятые блоки основания грабена с преобладанием рифовых известняков и с сокращенными (до 30 м) разрезами высокоуглеродистых карбонатно-глинистых оползневых микститов. Развита риодацита, стратонидные аргиллизиты и джаспероиды (юго-восточная часть «К»). В пиритах повышены содержания W, Tl, Cd, U, Bi, Be, As, Sn, Te, Hg, Mo, Re. $\delta^{34}\text{S}$ пиритов $-28,1 \div +11,8\text{‰}$, золотоносного (до 79,4 г/т) пирита $-8,2 \div +2,8\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ УВ $-15,9 \div -6,3\text{‰}$;

прибрежно-дельтовые отложения на слабо погруженных блоках основания, приближенных к центрам вулканической активности. Развита терригенные отложения с крупнообломочным углефицированным растительным детритом. Рудоносный уровень — горизонт с рудными (арсенопирит, пирит и др.) конкрециями (южная часть «А»). Во вкрапленном пирите повышены содержания In, Pb, U, Mo, W, Ni. $\delta^{34}\text{S}$ пиритов $-22,7 \div +18,5\text{‰}$, золотоносного (до 0,5 г/т) пирита $-0,2 \div +0,0\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ УВ $-23,2 \div -16,2\text{‰}$;

умеренно погруженные блоки основания грабена с относительно мощными горизонтами (>45 м) углеродисто-терригенных микститов с существенной долей песчано-гравийной примеси (центральные части «К», «А»). Во вкрапленном пирите повышены содержания Cd, Ni, Hg, Te, I, W, Cu, Bi. $\delta^{34}\text{S}$ пиритов $-20,9 \div +8,2\text{‰}$, золотоносного (до 1,9 г/т) пирита $-18,3 \div -0,1\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ УВ $-22,9 \div -15,1\text{‰}$;

глубоко погруженные блоки основания грабена с углеродисто-карбонатно-(кремнисто)-терригенными отложениями, включающими рудоносные горизонты углеродистых терригенных микститов повышенной мощности (до 200 м) с высозолотоносной стратонидной сульфидной минерализацией. Во вкрапленном пирите повышены содержания Au, As, Sb, Sn, W, Zn, Cu, Hg и др. $\delta^{34}\text{S}$ пиритов $-19,4 \div +17,2\text{‰}$, высозолотоносного (до 405 г/т) пирита $-1,7 \div +4,5\text{‰}$, $\delta^{13}\text{C}$ УВ $-27,9 \div -16,2\text{‰}$.

ЗОЛОТО-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИАССКОГО РУДНОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПОИСКОВ НА УРАЛЕ

Ч.Х.Ариффулов, А.В.Ожерельева (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
arif_chin@yahoo.com

GOLD PORPHYRIES OF THE MIASS AREA, URALS, AND FUTURE VIEWS FOR THESE EXPLO- RATION TARGETS

Ch.Kh.Arifulov, A.V.Ozherel'eva

Золото-порфировые месторождения Миасского рудного района связаны с раннекаменноугольным комплексом штоков и малых интрузий габбро-диорит-плагиогранитной формации (тыелгинский комплекс), локализованных в зонах сдвиговых складчато-сколовых дислокаций в пределах Присакмарско-Вознесенской (по А.И.Кривцову, И.Б.Серавкину) зоны серпентинитового меланжа. Протяженность рудоносной структуры >70 км, ширина 3–7 км. В ее составе выявлены крупные рудоносные тектонические блоки, соответствующие Тыелга-Наилинскому, Мелентьевскому, Ленинскому рудным узлам. В Тыелга-Наилинском блоке (пережатая часть Магнитогорского прогиба) пояс продуктивных на золото малых интрузий приурочен к контактовой зоне серпентинизированных ультрабазитов с эйфель-живетскими вулканитами. Мелентьевский и Ленинский блоки (область расширения Магнитогорского прогиба) образуют крупные блок-будины в составе зоны серпентинитового меланжа и сложены вулканогенными комплексами девона. Они перекрываются нижнекаменноугольными терригенными, углеродисто-терригенными и карбонатными отложениями. В Ленинском тектоническом блоке локализованы рудоносные штоки габбро-диоритов и кварцевых диоритов (Круглогорский, Кашеевский). В южной части зоны меланжа, наряду с малыми интрузиями диоритов, развиты штоки и дайки сиенит-граносиенитов балбуковского комплекса, роль которых возрастает в южном направлении.

Внедрение штоков и даек диоритов происходило в обстановке сжатия и высокой флюидонасыщенности. В контактах штоков отмечаются флюидизиты и тела брекчиевидных пегматоидных габбро. Для рудоносных штоков характерны автометасоматические альбит-серицит-карбонатные изменения с тонкой золотоносной магнетит-пиритовой вкрапленностью. Рудные образования характеризуются комбинацией залежей прожилково-вкрапленных полисульфидно-кварцевых руд в метасоматически измененных диоритах со стержневыми золото-сульфидно-кварцевыми жилами. В контактах диоритов с серпентинитами лока-

лизваны залежи золотоносных тальк-карбонатных метасоматитов, а в контактах с вулканогенными отложениями — золотоносных магнетитовых и пирротин-магнетитовых руд. В рудных концентратах метасоматических руд существенна доля магнетитовой вкрапленности, от нескольких до 50% и более. В зависимости от количества примеси магнетита и хромшпинелидов содержания Pt варьируют от 0,1 до 29 г/т при содержаниях Au 0,1–137 г/т. Частой рудной примесью являются пластинчатые кристаллы природной латуни, иногда самородной меди. По зонам роста кристаллов латуни фиксируются выделения пылевидного магнетита. Кристаллизация латуни связывается с образованием апосерпентинитовых тальк-карбонатных метасоматитов.

Промышленные масштабы метасоматических вкрапленно-прожилковых руд (средние содержания Au 2,5–6,5 г/т на мощность 15–40 м) установлены в Кашеевском, Тыелгинском и Наилинском штоках. Впервые их переоценка проведена нами в 2002 г. с учетом всего объема ранее проведенных буровых и горных работ, ориентированных на выявление богатых золото-кварцевых жил. Результаты прогнозных оценок были апробированы. В настоящее время из предложенных к промышленному освоению объектов реализована лицензия на Наилинское рудное поле.

Значительная протяженность поясов малых интрузий габбро-диорит-плагиогранитной формации с золото-порфировой специализацией определяет высокие перспективы выявления сходных объектов в пределах Южного, Среднего и Северного Урала. Несмотря на небольшие масштабы отдельных объектов, их высокая концентрация в Миасском рудном районе указывает на высокий сырьевой потенциал этого старейшего горнорудного района России.

О ПРИНЦИПАХ ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА РУДНЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ **Г.И.Архипов (Институт горного дела ДВО РАН), arhipov@igd.khv.ru**

ON PRINCIPLES OF PLANNING AND CURRENT PRACTICE OF MINERAL EXPLORATION IN THE RUSSIAN FAR EAST **G.I.Arkipov**

Рудный минерально-сырьевой комплекс (МСК) рассматриваемого региона характеризуется наличием крупных месторождений отдельных видов полезных ископаемых (золото, золото-серебро, железные руды, титан, олово, вольфрам, сурьма, ртуть, уран, бор, плавиковый шпат, бериллий, ниобий, тантал, литий). Преобладают месторождения золота и золота-серебра. По большинству видов полезных ископаемых месторождения средние и мелкие с невысоким (по сравнению с мировой минерально-сырьевой базой) содержанием полезных компонентов. Их потенциальные возможности значительны при отсутствии достаточной и надежной по экономическим факторам сырьевой базы (кроме золота, серебра и железных руд).

Концепция планирования и реализации геологоразведочных работ на рудный МСК в регионе должна учитывать различную степень изученности и реальные характеристики разных видов полезных ископаемых. Многие месторождения рудных полезных ископаемых региона не могут представлять интерес для предпринимателей из-за сложности и неблагоприятности географических и природных условий или из-за низких характеристик их главных показателей (качества и объема запасов), слабой изученности, заведомой неконкурентоспособности на сложившемся рынке минерального сырья. В регионе отсутствуют отрасли по переработке добытого или подготавливаемого к добыче минерального сырья. Компании, действующие в минеральном секторе региона, преимущественно моносырьевые и только добывающие. Черная металлургия находится в стадии становления. Тем не менее, разведанные или предварительно оцененные ресурсы некоторых видов минерального сырья позволяют предвидеть возможность создания на их базе как добывающей (для экспорта на внутренний или мировой рынки), так и перерабатывающей отраслей экономики. В условиях интенсификации процессов глобализации, обострения конкуренции на международных рынках минерального сырья и в области ГРП особенно значительна конкуренция со стороны Китая, располагающего таким же или даже более значительным богатством минеральных ресурсов, нередко лучшего качества, имеющего более развитую инфраструктуру производства, переработки, реализации и потребления минерального сырья и продукции из него. Прогнозы и рекомендации по направлениям ГРП на полезные ископаемые разработаны при составлении прогнозных и металлогенических карт региона в 1960–1980 гг. В последние годы уточнено геологическое строение многих площадей.

Изменились представления об истории формирования геологических структур, закономерностях размещения некоторых типов месторождений, появились предпосылки выявления новых геолого-промышленных типов месторождений. Это требует уточнения прогнозов на новой научной основе и разработки направлений ГРП с учетом современной конъюнктуры минерального сырья.

В огромном слабо освоенном регионе реален многовариантный анализ распределения перспективных направлений на рудное сырье на стадии выбора приоритетов. Должны учитываться не только возможность добычи, первичной переработки, транспортировки и реализации минерального сырья, но и использование его в сфере материального производства и услуг с высокой добавленной стоимостью (металлургическая и химическая промышленность, производство высокотехнологичного оборудования и потребительских товаров, энергии) в самом регионе.

Идеологию в отношении минеральных ресурсов региона нецелесообразно ориентировать преимущественно на добычу драгоценных металлов и добычу сырья для экспорта. Необходимо предвидеть возможности переработки добываемого сырья и интеграции МСК в отраслевой, межотраслевой, региональной и межрегиональной экономике. Крайне важно диверсифицировать рудное недропользование в регионе, построенное в основном на добыче золота и серебра.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ТИПОМОРФНЫХ СВОЙСТВ БАРИТА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЕНЕЗИСА ОРУДЕНЕНИЯ

Г.Г.Ахманов, И.П.Егорова (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России),
root@geolnerud.net

BARITE: TYPE PROPERTIES AND THEIR INFORMATIVENESS IN GENETIC STUDIES OF MINERALIZATION

G.G.Akhmanov, I.P.Egorova

Барит входит в перечень дефицитных полезных ископаемых, которые используются многими отраслями промышленности. Исследования генезиса барита актуальны, поскольку в значительной мере определяют выбор методики проведения геологоразведочных работ. Частью работ по определению генезиса полезного ископаемого, в том числе и барита, является изучение его типоморфных свойств.

Типоморфные свойства наиболее отчетливо выражены у минералов, сохраняющих стабильность в широком диапазоне физико-химических условий, а потому проявляющихся в различных генетических типах месторождений. Вариации типоморфных особенностей барита — важнейшие индикаторы условий формирования не только баритовых, но и многих комплексных месторождений.

Приводятся результаты изучения типоморфных свойств баритов из руд месторождений трех генетических типов, имеющих наибольшее промышленное значение: гидротермально-осадочного, гидротермального и гидротермально-метасоматического.

Рассматривается информативность 12 типоморфных признаков барита: текстуры и структуры баритовых руд, морфология кристаллов барита, его окраска и твердость, барий-стронциевое отношение (Ba/Sr модуль), содержания редкоземельных элементов, радиоактивность, газовой-жидкие включения, изотопный состав серы, люминесцентные свойства, парамагнитные центры в кристаллической структуре барита, параметры элементарной ячейки.

Такие признаки, как текстуры, структуры баритовых руд, морфология кристаллов, твердость, изотопный состав серы, газовой-жидкие включения, характеризуются конвергентностью (одни и те же характеристики наблюдаются в баритах, образование которых происходило в различных условиях), в силу чего получаемая при их изучении информация не позволяет сделать однозначный вывод о генезисе. Объем имеющихся исследований по изучению редкоземельных элементов, параметров элементарной ячейки, люминесцентных свойств барита в настоящее время недостаточен, чтобы объективно определить степень их информативности.

К наиболее информативным типоморфным признакам барита, которые позволяют однозначно интерпретировать его генезис, относятся Ba/Sr модуль, радиоактивность, наличие и концентрация ион-радикала SO_3^- в кристаллической структуре минерала. Это подтверждено большим объемом проведенных исследований (проанализировано >300 образцов барита, отобранных из руд >40 баритовых месторождений, расположенных в 12 удаленных на значительные расстояния регионах).

Абсолютные характеристики типоморфных признаков баритов одного генезиса, выраженные в числовых значениях, различны для разных провинций. В этом проявляется индивидуальность геологического развития регионов и проходивших в них процессов рудообразования. Однако они подчиняются общей закономерности — возрастанию в ряду гидротермальные – гидротермально-метасоматические – гидротермально-осадочные бариты.

Типоморфные признаки — Ba/Sr модуль, радиоактивность и концентрация ион-радикала SO_3^- — предлагается использовать в качестве поисковых. Особенно они могут быть полезны для определения ожидаемого типа баритового оруденения при картировании «закрытых» территорий, когда барит наблюдается лишь в элювиально-делювиальных развалах или аллювии.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОБРАЗОВАНИЯ КРУПНЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАННЕОРОГЕННЫХ ПОЯСАХ

А.Н.Барышев (ЦНИГРИ Роснедра Минпроды России), metallogeny@tsnigri.ru

GEODYNAMIC FORMATIVE PREREQUISITES OF LARGE ORE CLUSTERS AND DEPOSITS OF BASE AND PRECIOUS METALS IN THE BELTS OF EARLY OROGENESIS

A.N.Baryshev

Критерии научно-методического прогноза месторождений характеризуются главным образом вещественным составом рудоносных систем, а именно геологическими, магматическими, рудными формациями. Его совершенствование возможно путем учета геодинамических предпосылок развития рудоносных (металлогенических) систем.

К раннеорогенным относятся пояса, формирующиеся над зонами субдукции в островных дугах и окраинах территорий с континентальным типом земной коры. В отличие от позднеорогенных поясов, характеризующихся развитием калиевых гранитов и красноцветной молассы, раннеорогенным присущи габбро-гранитоидный магматизм и флиш.

Важнейшей геодинамической предпосылкой является диапиризм, обусловленный ячеистой конвекцией мантии, которая формирует закономерный комплекс концентрических структур, размещенных на территории 1000–2000 км в поперечнике. В центре комплекса образуется депрессия (типа Яно-Колымской, Или-Балхашской и т.п.), а по периферии — дугообразный ороген. Геодинамика формирования комплекса сходна с развитием конвекции воздушных масс при ядерном взрыве. В центре «ядерного гриба» происходит извлечение (эдукция) нагретых глубинных масс, внизу по периферии — их центростремительное подведение (субдукция), а вверху — центробежное накрывание (обдукция). Извлечение толщ, субдуцированных в виде синклинали, формирует фундамент раннеорогенных андезитоидных вулканоплутонических поясов. Процесс сопровождается плавлением нагретых на глубине субдуцированных толщ при их подъеме в область меньших литостатических давлений и определяет магматизм островных дуг и континентальных окраинных поясов. Важнейшее металлогеническое следствие этого — регенерация древних стратиформных рудных образований. При субвертикальном залегании таких толщ в зоне эдукции регенерация древних руд способна на малой площади обеспечить уникальную продуктивность рудоносных систем, подобных медно-порфировым месторождениям Чикикамата, Эль Теньенте в Андах с запасами ~100 млн. т Cu каждое. Важную роль регенерации древних рудных образований в металлогении краевых поясов отмечал ранее А.И.Кривцов. Все это побуждает обратить внимание на необходимость выявления геофизическими методами крутозалегающих глубинных толщ в фундаменте вулканоплутонических поясов.

Другой геодинамической предпосылкой служат области пластического течения с развитием кристаллизационной сланцеватости, возникающие при региональном метаморфизме толщ в зонах субдукции и эдукции. Образуются области пластического выжимания, характеризующиеся плоско расположенной сланцеватостью, и области нагнетания, где толщ сматы в складки. Рудоносные флюиды и углеводороды, обладающие пониженной вязкостью, устремляются в области нагнетания. Неслучайно наиболее крупные месторождения золота в черносланцевых толщах характеризуются складчатой структурой (Мурунтау, Сухой Лог, Кумтор, Олимпиадинское, Дегдекан, Хоумстейк, Бендигго). Субдукции подвергаются черносланцевые толщ, накопившиеся при рифтогенном режиме (трансгрессивный ряд формаций).

Черносланцевые толщи, которые накапливались в желобах, смежных с орогенами (регрессивный ряд формаций), субдукции не подвергаются, и золоторудные месторождения в них менее перспективны. Отсюда, при прогнозе следует особо выделять складки в метаморфизованных толщах.

Третьей геодинамической предпосылкой образования крупных рудных районов и месторождений является волновое чередование мантийных поднятий, определяющих наиболее интенсивное проявление магматизма. При этом через шаг с длиной волны ~300 км локализуются наиболее продуктивные металлогенические области, названные автором суперрайонами, и через шаг кратный ~30 км — центры магматогенно-рудных узлов. Их распределение демонстрируется на примере Урала. При прогнозе центров этих таксонов можно использовать матрицу с характерными для них шагами.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ГИПЕРБАЗИТОВ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ПРИЗНАК ИХ ХРОМИТОНОСНОСТИ

В.В.Бахтерев (Институт геофизики УрО РАН), UGV@bk.ru

HIGH-TEMPERATURE ELECTRIC CONDUCTIVITY OF ULTRABASIC ROCKS AS A POSSIBLE INDICATION OF THEIR CHROMITE POTENTIAL

V.V.Bakhterev

Гипербазиты — важный контролирующий фактор хромитовых месторождений. Однако строение, состав, хромитоновость каждого массива имеют свои особенности. Хромитовое оруденение характеризуется значительной изменчивостью типоморфных признаков и исключительной сложностью локализации. Разнообразие точек зрения на генезис и условия концентрации хромшпинелидов не позволяет однозначно решать вопрос о перспективности того или иного гипербазитового массива. Существующие геофизические методы не дают должного эффекта. Изучение высокотемпературной электропроводности гипербазитов, вмещающих хромитовое оруденение, может выявить новые нетрадиционные поисковые признаки хромитовых руд.

Исследована высокотемпературная электропроводность образцов гипербазитов из ряда структурно-вещественных комплексов Урала различной формационной принадлежности. Получены зависимости их электрического сопротивления от температуры в интервале 20–900°C. Для всех исследованных объектов выявлена линейная связь между энергией активации E_0 и коэффициентом электрического сопротивления R_0 вида $\lg R_0 = a - bE_0$. Значения коэффициентов a и b определяют принадлежность гипербазитов к определенной формации, а параметры E_0 и $\lg R_0$ — к тому или иному структурно-вещественному комплексу данной формации гипербазитов.

Для гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации коэффициенты a и b равны соответственно 7,2 и 12,8. При этом линейная связь между E_0 и $\lg R_0$ вида $\lg R_0 = a - bE_0$ с соответствующими коэффициентами a и b справедлива для пород безрудных массивов и отдельных площадей. Для хромитовых массивов и площадей точки с координатами E_0 , $\lg R_0$ отклоняются от базовой линии $\lg R_0 = a - bE_0$. Отклонение тем больше, чем ближе к рудопроявлению отобран образец. Это подтверждено исследованиями на ряде хромитовых месторождений Алапаевского, Ключевского и Войкаро-Сынинского гипербазитовых массивов Урала. На всех исследованных объектах характер распределения точек с координатами E_0 , $\lg R_0$ одинаков. В то же время, графическое изображение этой связи в координатах E_0 , $\lg R_0$ показывает, что поля распределения фигуративных точек разных объектов не совпадают. Такое поведение высокотемпературной электропроводности является отражением своеобразия геологических условий, истории становления и развития исследованных гипербазитовых массивов и месторождений в них. Установленные закономерности, возможно, позволят использовать данные свойства в качестве косвенных поисковых признаков хромитового оруденения.

Основные результаты исследований опубликованы, некоторые будут продемонстрированы в докладе впервые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахтерев В.В. Оценка формационной принадлежности гипербазитов Урала по параметрам их высокотемпературной электропроводности // Докл. РАН. 2004. Т. 398. № 3. С. 371–373.

2. *Бахтерев В.В.* Особенности высокотемпературной электропроводности хромитовых руд и вмещающих их гипербазитов // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 8. С. 796–805.
3. *Бахтерев В.В.* Параметры высокотемпературной электропроводности дунит-гарцбургитовых (альпинотипных) гипербазитов Урала как возможный признак их потенциальной рудоносности // Докл. РАН. 2006. Т. 408. № 3. С. 363–365.
4. *Бахтерев В.В.* Сравнительное исследование высокотемпературной электропроводности руд и вмещающих горных пород ряда хромитовых месторождений из дунит-гарцбургитовых (альпинотипных) гипербазитов Урала // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 1. С. 78–84.
5. *Бахтерев В.В.* Диэлектрические потери в рудообразующих хромшпинелидах в интервале температур 20–800°C // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 7. С. 840–845.
6. *Бахтерев В.В.* Особенности высокотемпературной электропроводности гипербазитов из Войкаро-Сынинского массива // Уральский геофизический вестник. 2009. № 1 (14). С. 4–10.

ГОРНОХИМИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Е.В.Беляев, Ю.В.Баталин, М.И.Карпова, Н.Б.Валитов, А.К.Вишняков, Ф.А.Закирова, В.П.Арютина (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России), Ю.А.Писаренко (НВНИИГГ Роснедра Минприроды России), О.И.Петрик, В.Л.Романов (ОАО «Агрохим-безопасность»), bel@geolnerud.net

INDUSTRIAL MINERALS OF THE NORTH FORE-CASPIAN REGION

E.V.Belyaev, Yu.V.Batalin, M.I.Karpova, N.B.Valitov, A.K.Vishnyakov, F.A.Zakirova, V.P.Aryutina, Yu.A.Pisarenko, O.I.Petrik, V.L.Romanov

В Северном Прикаспии широко развиты крупные и перспективные объекты горнохимического сырья (минеральные соли, сера, фосфориты, борные руды и глауконитсодержащие породы). Среди минеральных солей выделяются калийные, магниевые и натриевые разновидности. Калийные соли слагают Гремячинское, Эльтонское (Волгоградская область), Шарлыкское, Красноярское, Линевское (Оренбургская обл.) месторождения и ряд проявлений.

Наиболее типичным представителем объектов калийных солей является Гремячинское месторождение, приуроченное к погожской ритмопачке кунгурской галогенной формации (P_1). Сильвинитовый пласт прослеживается на глубинах 1004–1301 м. Государственным балансом по состоянию на 01.01.09 учтены запасы сильвинитов по категории $B+C_1$ в количестве 387,3 млн. т (K_2O 98,4 млн. т) и по кат. C_2 — 759,4 (176,8) млн. т. Среднее содержание K_2O в сильвинитах 25,4% (KCl 40,2%).

Шарлыкское месторождение ангидрит-галит-полигалитового состава (Оренбургская площадь) приурочено к иренской толще кунгурского яруса (P_1). Продуктивные тела представлены пласто- и линзообразными субгоризонтальными залежами мощностью 4,5–16 м, залегающими на глубинах 660–790 м. Оцененные запасы (кат. C_2) составляют около 150 млн. т K_2O .

Магниевые соли (бишофит) представлены Городищенским, Наримановским и Светлоярским месторождениями Волгоградской области. Продуктивная залежь Светлоярского месторождения приурочена к верхней части погожской ритмопачки и имеет линзообразную антиклинальную форму. Глубина залегания пласта 1025–1325 м, мощность 9–110 м. Содержание $MgCl_2$ 42–46%. Запасы месторождения по кат. $B+C_1$ (на 01.01.09) составляют 4,2, C_2 — 4,7 млн. т MgO .

Поваренная соль Баскунчакского месторождения (Астраханская обл.) слагает линзовидную залежь максимальной мощностью 15 м и площадью 110 км². Балансовые запасы утверждены по кат. $A+B+C_1$ (на 01.01.95) в количестве 134,7 млн. т для пищевой (содержание $NaCl$ 92–94%) и 115 млн. т (на 1.01.10) технической соли (73–83%). Значительные запасы сосредоточены также на Светлоярском (Волгоградская обл.), Дергуновском (Самарская обл.), Илецком, Бузулукском, Струковском (Оренбургская обл.), Яр-Бишкадакском, Стерлитамакском, Стерлибашевском (Республика Башкортостан) месторождениях.

Серосодержащее сырье представлено рудами инфильтрационно-метасоматического типа и сероводородсодержащими углеводородными газами. Балансом учитываются Сырейско-Каменнодольское и Водинское месторождения. На первом утверждены запасы по кат. $A+B+C_1$ в количестве 12,6 млн. т, по кат. C_2 — 9,2 млн. т, забалансовые составляют 0,46 млн. т. Ряд отрицательных моментов исключают разра-

ботку месторождения как открытым способом, так и методом подземной выплавки. Водинское месторождение законсервировано в связи с выработкой рентабельных к добыче серных руд. Перспективным объектом является купол Безымянный (Саратовская обл.), прогнозные ресурсы самородной серы которого составляют 50 млн. т по категории P_3 .

Другой источник серы — сероводородсодержащие углеводородные газы — является определяющим в производстве элементарной серы. Уникальные по запасам газовой серы Астраханское и Оренбургское месторождения H_2S -содержащих углеводородных газов более чем на 90% обеспечивают производство элементарной серы в России. На Астраханском месторождении к продуктивным относятся карбонатные отложения докунгурского возраста, залегающие на глубинах 3900–4100 м. На 01.01.06 запасы серы составили 918 млн. т по кат. $A+B+C_1$ и 411 млн. т по кат. C_2 . Запасы серы Оренбургского месторождения на 01.01.05 составляли 27,67 млн. т по кат. $A+B+C_1$ и 1,76 млн. т по кат. C_2 .

Фосфоритовый потенциал Северного Прикаспия (на 01.01.10) составляет 51,09 млн. т P_2O_5 (кат. $A+B+C_1$ 16,11 млн. т, C_2 15,66 млн. т, забалансовые 19,32 млн. т). Запасы фосфоритовых руд желвакового, микрозернистого, обломочно-крустификационного, детрит-костного геолого-промышленных типов располагаются в Республиках Башкортостан и Калмыкия, Волгоградской, Самарской, Саратовской, Оренбургской областях. Активными и потенциально активными запасами обладают месторождения Камышинское, Трехостровское (Волгоградская обл.), Тарпановское, Блявинское (Оренбургская обл.), Батракское (Самарская обл.). Прогнозные ресурсы фосфоритов исчисляются в 93,3 млн. т P_2O_5 (кат. P_2 10,5, P_2 55,6, P_3 27,2) и представлены рудами песчаниково-зернистого, желвакового и микрозернистого типов. Перспективы выявления объектов регионального уровня связаны с прогнозным потенциалом Селеукской площади в Республике Башкортостан (кат. P_2 22 млн. т P_2O_5) и Верхнебузиновской площади в Волгоградской области (кат. P_2+P_3 21,6 млн. т P_2O_5).

Борные объекты (рудопоявления) Северного Прикаспия относятся к галогенному геолого-промышленному типу. Наиболее перспективно боропроявление Баскунчак, связанное с одноименным соляным куполом кунгурского яруса (P_1); на глубинах 4–40 м выявлена борная минерализация с содержанием B_2O_3 0,1%. Сотрудниками ЦНИИгеолнеруд обнаружены биогеохимические аномалии с высоким (>0,01%) содержанием В. Прогнозные ресурсы борных руд проявления оцениваются по кат. P_2 в количестве 594 тыс. т B_2O_3 . К перспективными также относятся Нежинское и Линевское проявления (Оренбургская обл.).

В Северном Прикаспии промышленные объекты глауконит-кварцевых песков представлены Белозерским месторождением. Продуктивная толща (мощность 7–11 м) сложена кампанскими зелеными песками с содержанием глауконита 30–50%. Запасы кат. $A+B+C_1$ составляют 3,4 млн. м³. К перспективным объектам отнесены Ивановское и Нижнебанновское месторождения, проявления Большерельненское, Топовское, Уметское, Парижская Коммуна в Саратовской области, Байгускаровское проявление и Суракайское месторождение Республики Башкортостан. Наиболее значительное количество запасов и ресурсов глауконитсодержащих пород сосредоточено на месторождениях и проявлениях Саратовской (кат. $A+B+C_1$ 3,4 млн. м³, C_2 107,55 млн. м³, P_2 0,06 млн. м³) и Волгоградской (кат. C_2 5,5 млн. м³, P_2 9,6 млн. м³) областей.

Проведенная комплексная оценка показала, что территория Северного Прикаспия может стать крупной минерально-сырьевой базой горнохимического сырья юга России и соседних федеральных округов. Разработанная программа геологического изучения и развития сырьевого потенциала региона предполагает проведение за счет федерального бюджета опережающих прогнозно-минерагенических и целевых рекогносцировочных работ на четырех потенциально перспективных объектах калийно-магниевых солей в Саратовской и Астраханской областях, Республиках Башкортостан и Калмыкия, прогнозно-ревизионных работ на трех площадях галогенных боратов Волгоградской и Оренбургской областей; рекомендуются также поисковые и поисково-оценочные работы на трех площадях минеральных солей, двух — фосфоритовых руд, одной — самородной серы, семи — глауконит-кварцевых песков, оценочные работы на шести площадях глауконит-кварцевых песков.

За счет средств недропользователей для постановки поисковых и поисково-оценочных работ предлагаются две площади минеральных солей, три — фосфоритовых руд, оценочных работ — три участка минеральных солей. Объектами для включения в программу лицензирования в целях проведения добычных работ являются два месторождения фосфоритовых руд. Для проведения ревизионных геологоразведочных работ, геолого-технологических исследований, геолого-экономической оценки и подготовки к освоению предлагается лицензировать три месторождения желваковых фосфоритов.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛОЩАДЕЙ, БЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ, НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ МТ-ЗОНДИРОВАНИЯМИ

С.Ф.Бессмертный (НИГП АК «АЛРОСА»), bessmertnuy@cnigri.alrosa-mir.ru

PROGNOSIS OF AREAS FAVORABLE FOR EMPLACEMENT OF KIMBERLITE BODIES USING MT SOUNDING DATA

S.F.Bessmertny

Результаты региональных работ с МТ-зондированием (МТЗ), проведенных на территории Якутской алмазоносной провинции с учетом других геофизических данных, свидетельствуют о том, что районы кимберлитового магматизма, включая кимберлитовые поля, пространственно приурочены к высокоомным блокам земной коры (А.В.Манаков, 1999). Высоким сопротивлением земной коры обладают области, относящиеся к древним стабильным блокам. Приуроченность проявлений алмазоносных кимберлитов к древним кратонам, не подвергавшимся существенной тектономагматической активизации на протяжении докимберлитовых этапов развития, объясняется известным «правилом Клиффорда». Области древней кратонизации, к которым относится названная провинция, сложены породами земной коры, сформировавшимися около 3 млрд. лет назад и претерпевшими на рубеже 2,7 млрд. лет метаморфизм в гранулитовой фации. На протяжении последующей эволюции земная кора таких областей существенных преобразований не испытывала, и в настоящее время характеризуется низким тепловым потоком 20–25 мВт/м² и низкой проводимостью пород.

Критерием прогнозирования кимберлитовых проявлений, наряду с ореолами индикаторных минералов кимберлитов, гравимагнитными минимумами и повышенной сейсмической гетерогенностью земной коры, служит наличие проводящей субвертикальной неоднородности под кимберлитовыми полями на фоне высокоомного разреза. Причины, приводящие к существованию в тектоносфере Земли неоднородностей, фиксируемых методом МТЗ, весьма разнообразны. К ним можно отнести различия в вещественном составе и физических свойствах многообразных структурно-петрофизических комплексов земной коры, возникших в ходе эволюции, а также сформировавшихся в результате последующих термодинамических воздействий (фазовых изменений, метаморфизма, магматизма, разрядки сейсмических напряжений, поступления флюидов и рудных компонентов).

Детальными работами МТЗ, выполненными ЯНИГП ЦНИГРИ в 2000–2009 гг. в площадном варианте в Мало-Ботуобинском и Среднемархинском алмазоносных районах, в пределах Мирнинского и Накынского кимберлитовых полей локализованы коровые проводящие неоднородности в блоках высокого сопротивления земной коры. Установлено, что их корневые части уходят в мантию. К этим отражающим внутреннюю глубинно-тектоническую структуру кимберлитовых полей неоднородностям, верхние кромки которых зафиксированы в диапазонах глубин 10–20 км, приурочены кусты кимберлитовых тел. По результатам работ в пределах обоих районов для Ботуобинской ГРЭ рекомендованы участки (площади), которые предлагается учитывать при планировании алмазопоисковых работ, наряду с другими прогнозными построениями.

В Далдыно-Алаkitском районе работы МТЗ, выполненные в 2006 г. по относительно редкой сети наблюдений, также показали наличие мощных сквозькоровых проводящих неоднородностей, в пределах которых локализуются кимберлитовые тела. Верхние кромки неоднородностей прослеживаются в основании осадочного чехла на глубинах 3–4 км. Ширина неоднородностей по профилю наблюдений составляет 20–30 км.

С учетом выше изложенных прогнозных факторов локализации известных проявлений кимберлитового магматизма МТ-зондирования включены в геологоразведочный комплекс АК «АЛРОСА» как прогнозный глубинный метод на мелко- и среднемасштабных стадиях алмазопоисковых работ.

К РАЗВИТИЮ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.И.Бобков (РГГРУ), bobkov-ai@tochka.ru

ON DEVELOPMENT OF METHODOICAL PRINCIPLES OF EXPLORATION GEOCHEMISTRY

A.I.Bobkov

Совершенствование геохимических методов прогноза, поисков и оценки месторождений требует углубления знаний о закономерностях концентрации и рассеяния ценных химических элементов, элементов-индикаторов, миграции элементов, условиях формирования их соединений и ассоциаций. Большое значение для изучения указанных закономерностей имеют различные геохимические классификации, в основе которых лежит Периодическая система элементов Д.И.Менделеева.

Периодическая система элементов Д.И.Менделеева стала могучим орудием развития не только химии, но и всего естествознания. Периодическому закону и Периодической системе элементов посвящено огромное количество работ. Опубликовано более 500 вариантов Периодической системы. Давно уже объяснена природа периодичности. Однако до сих пор остаются нерешенными некоторые проблемы Периодической системы элементов. Понятие электронных оболочек и подоболочек утратило исходный смысл. Ему на смену приходит представление об атомных орбиталях. В геохимии все большую роль играют исследования объектов различных уровней структурной организации вещества — атомов, молекул, фаз и т.д. — в их взаимосвязи.

Из классической менделеевской формулировки Периодического закона и его современной формулировки можно заключить, что Периодический закон распространяется также на простые вещества и химические соединения. Однако этот вопрос слабо освещен в учении о периодичности и в классификации химических соединений, в том числе и минералов. Современные классификации химических соединений разрознены как между собой (классификации органических и неорганических соединений, кристаллохимическая классификация минеральных видов), так и внутри себя (обычно отсутствует связь между таксонами одного уровня). Вместе с тем зреет понимание о необходимости создания общей классификации объектов различных уровней структурной организации материи, которая включала бы фундаментальные частицы, ядра, химические элементы и соединения. Данная проблема может быть решена на путях построения прогрессивно-последовательной классификации (ППК) объектов различных структурных уровней. В основе общей классификации объектов различных структурных уровней лежит закон прогрессивно-последовательных отношений: ядра, химические элементы, молекулы, вещества и смеси находятся в прогрессивно-последовательных отношениях, определяемых критическим зарядом Y и дефицитом заряда X ядер, связанных с зарядом Z соотношением $Z=X+Y$. Значения X и Y ядер определяются на основе закона изменения заряда частиц нулевой последовательности.

Общая схема ППК: состав объекта (качественная сторона состава (квалитет) → количественные отношения частей состава) → строение объекта → свойства объекта.

Величины X , Y , Z обладают свойством аддитивности при переходе к квалитетам объектов более высоких структурных уровней. Дефицит заряда X ядерного состава объекта отвечает за сходство объектов, а критический заряд Y обуславливает многоуровневые отношения объектов.

Прогрессивно-последовательная классификация объектов различных структурных уровней может внести определенный вклад в развитие научно-методических основ и стать перспективным инструментом при решении задач систематизированного учета, анализа и прогнозирования в геохимии.

УСТАНОВЛЕНИЕ ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПОРОД НА ОСНОВЕ ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТЫХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ КМА

Е.М.Боброва (ВГУ), samorodok2006@mail.ru

REVEALING FORMATIVE FEATURES OF ROCKS IN BLANKETED TERRAINS USING PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL DATA (AS EXEMPLIFIED BY THE KURSK MAGNETIC ANOMALY REGION)

E.M.Bobrova

В пределах территории щитов и фундаментов древних платформ наибольшее значение имеют архейские зеленокаменные пояса, так как в них локализована подавляющая масса месторождений цветных и благородных металлов, на долю которых приходится значительная часть разведанных мировых запасов.

В пределах Курской гранит-зеленокаменной области (КГЗО) в условиях повсеместно перекрытого фундамента (0–500 м) установлены два неархейских зеленокаменных пояса северо-западного простирания — Льговско-Ракитнянский (Белгородско-Михайловский) и Алексеевско-Воронецкий (Орловско-Тимской). Преобладающие в разрезе Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса ультрамафит-мафитовые породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций [2, 3], и в современном состоянии определяются главным образом по химическому составу и реликтовым структурным признакам. Современные методы оценки формационной и металлогенической специализации геологических объектов в настоящее время невозможны без разработки методических основ. В решении столь важных задач, особенно для докембрийских структур, претерпевших существенные изменения в процессе эволюции Земли, необходимо использование новейших методов исследования вещества.

На основе петролого-геохимических методов (РФА, ICP-MS) получены новые данные о петрогеохимических особенностях ультрамафит-мафитовых пород Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса КМА на примере одного из типовых участков — Косиновского. Исходя из следующих индикаторных петрогеохимических критериев установлена их формационная принадлежность к коматиит-базальтовой серии: высокая магнезиальность (перидотитовые коматииты (РК) $MgO > 25\%$ (25,00–38,13%), пироксениновые коматииты (РҮК) MgO 17,42–21,98%, магнезиальные базальты (МВ) MgO 7,50–12,96%); низкая щелочность (для РК и РҮК $\Sigma(Na_2O+K_2O) < 0,30\%$, МВ $\Sigma(Na_2O+K_2O)=1,63–3,06\%$, $Na_2O \gg K_2O$); низкая титанистость (в РК и РҮК TiO_2 0,19–0,49, в МВ TiO_2 до 0,90%); повышенные значения параметров CaO/Al_2O_3 (в РК 0,76–4,39 (среднее 2,37), в РҮК — 1,01–1,14, в МВ — 0,77–1,14) и Al_2O_3/TiO_2 (в РК $> 4,60$ (среднее 10,51), в РҮК — 7,50–36,97, в МВ — 12,5–36,14 (среднее 20,39)); преимущественно пологие спектры распределения содержаний РЗЭ, нормированных на примитивную мантию и хондрит; низкие $(La/Sm)_n$ (в РК и РҮК 0,61–1,25, в МВ — 0,48–1,07) и $(La/Yb)_n$ (в РК и РҮК — 0,31–1,92, в МВ — 0,42–1,07) отношения [1].

Изучение петрогеохимических особенностей мафит-ультрамафитовых магматитов Косиновского участка позволило на основе использования современных методов исследования вещества получить новые данные и доказать принадлежность пород к коматиит-базальтовой формации. В свою очередь, развитие выделенной коматиитовой породной ассоциации открывает возможности выявления никелевого оруденения австралийского типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боброва Е.М. Распределение редкоземельных элементов в мафит-ультрамафитовых породах неархейских зеленокаменных поясов КМА (на примере Косиновского участка) // Мат-лы XVI Международной конференции «Структура, свойства, динамика и минерогения литосферы Восточно-Европейской платформы». Воронеж, 2010. С. 136–140.
2. Бочаров В.Л. Ультрамафит-мафитовый магматизм гранит-зеленокаменной области КМА. – Воронеж: ВГУ, 1993.
3. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2004.

ГРУППИРОВКА АЛМАЗОВ ЯКУТИИ ПО ВНЕШНЕЙ МОРФОЛОГИИ И СТРУКТУРНЫМ ДЕФЕКТАМ

И.Н.Богущ, О.Е.Ковальчук (АК «АЛРОСА»), bogush@cnigri.alrosa-mir.ru

GROUPING YAKUTIAN DIAMONDS BY THEIR EXTERNAL MORPHOLOGIES AND STRUCTURAL DEFECTS

I.N.Bogush, O.E.Koval'chuk

Алмазы известных коренных и россыпных месторождений Якутии имеют разнообразные морфологические характеристики и примесно-дефектный состав, что затрудняет их сравнительный анализ при прогнозно-поисковых работах. Многолетние комплексные исследования позволили установить определенную взаимосвязь между морфологическими особенностями кристаллов, рельефом граней, содержанием и формой структурного азота, пластинчатых *B2*-образований, цветом фотолюминесценции и разделить алмазы по этим признакам на семь основных групп:

1) малоазотистые кристаллы со средней и высокой агрегацией примеси азота, малыми концентрациями *B2*-центров больших размеров, с синей, сине-зеленой, зеленой фотолюминесценцией (ФЛ). По морфологии в группе преобладают ромбододекаэдры ламинарные и округлые I разновидности по Ю.Л.Орлову, присутствуют кристаллы переходных форм. Также к этой группе относятся кристаллы VII разновидности;

2) мало- и среднеазотистые кристаллы с пониженной агрегацией примеси азота, небольшими концентрациями *B2*-центров средних размеров с фиолетовой или красной ФЛ. Преобладают кристаллы переходных форм, присутствуют октаэдры, ламинарные ромбододекаэдры и индивиды IV разновидности;

3) средне- и высокоазотистые кристаллы с повышенной агрегацией примеси азота и концентрациями *B2*-центров больших размеров с синей или фиолетовой ФЛ. Преобладают ромбододекаэдры ламинарные и округлые I разновидности, присутствуют алмазы переходных форм;

4) высокоазотистые кристаллы со средней (20—50%) агрегацией примеси азота и высокими концентрациями *B2*-центров средних размеров с фиолетовой или красной ФЛ. Преобладают кристаллы переходных форм и октаэдры I разновидности, а также присутствуют обогащенные примесью азота индивиды IV разновидности;

5) высокоазотистые кристаллы с малой (<менее 30%) агрегацией примеси азота, со средними и малыми концентрациями *B2*-центров средних и малых размеров. Кристаллы обычно имеют красную ФЛ. Преобладают октаэдры, в том числе плоскогранные, присутствуют кристаллы переходных форм I разновидности;

6) кристаллы II разновидности по Ю.Л.Орлову;

7) высокоазотистые кристаллы с малой агрегацией примеси азота, со средними и малыми концентрациями *B2*-центров малых размеров. Преобладают додекаэдроподобные I разновидности. К этой группе относятся и кристаллы V и VII разновидностей. Алмазы имеют слабое красное свечение в ультрафиолетовых лучах.

Выделенные группы на диаграммах «суммарный азот (N_{tot} , at. ppm) – агрегация азота (B , %)\», «коэффициент поглощения *B2*-центра ($kB2$, см⁻¹) – положение максимума полосы *B2* ($B2$, см⁻¹)\», «суммарный азот и морфологический подтип» располагаются в достаточно обособленных областях, что позволяет определять принадлежность каждого кристалла к выделенной группе с использованием специальных программ. Анализ имеющихся данных показал, что для месторождений Далдыно-Алакитского алмазоносного района характерны в разных соотношениях кристаллы первой и третьей групп. Алмазы пятой группы доминируют в высокопродуктивных трубках Мирнинского поля и связанных с ними россыпях, а в коренных источниках со средней и малой алмазоносностью этого поля преобладают кристаллы первых двух групп. Кристаллы второй и четвертой групп в разных количествах присущи месторождениям Накынского поля. Алмазы седьмой группы неясного генезиса, они нетипичны для известных кимберлитовых тел Сибирской платформы нетипичны, но распространены в россыпях Лено-Анабарской субпровинции.

Предложенное деление алмазов позволяет группировать кристаллы по нескольким взаимосвязанным между собой признакам, учитывать их внешние характеристики и особенности структуры, а также легко статистически сравнивать даже небольшие выборки при прогнозе, поисках и оценке месторождений.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДОНОСНОСТЬ ЗОЛОТУХИНСКОГО КОМПЛЕКСА КМА, ЦЕНТРАЛЬНАЯ РОССИЯ

П.С.Бойко (ВГУ), boyko@geol.vsu.ru

ORE POTENTIAL OF THE ZOLOTUKHINSK COMPLEX, KURSK MAGNETIC ANOMALY REGION, CENTRAL RUSSIA

P.S.Boyko

Двухфазный дунит-перидотит-пироксенит-габброноритовый золотухинский комплекс КМА ранее рядом исследователей выделялся как троснянско-мамонский и сопоставлялся с локализованным в Хоперском мегаблоке Воронежского кристаллического массива (ВКМ) мамонским комплексом, сопровождающимся промышленно значимыми платиносодержащими сульфидными медно-никелевыми месторождениями [1, 2]. В составе мамонского комплекса выделены три типа ультрамафит-мафитовых интрузий: промышленно рудоносные существенно ультрамафитовые (мамонский тип); дифференцированные ультрамафит-мафитовые с сопряженными разномасштабными рудопроявлениями (ширяевский и еланьвязовский типы); безрудный мафитовый каменский тип.

При различном геолого-структурном положении золотухинского и мамонского комплексов анализ данных минералого-петрографических и петрогеохимических исследований с привлечением методов рентгеноспектрального локального микроанализа и высокоточного метода плазменной спектроскопии ICP-MS показал ряд аналогий в их строении и составе. На этом основании сделан вывод о принадлежности породных ассоциаций золотухинского комплекса к потенциально рудоносным образованиям.

Зоны минерализации в массивах золотухинского комплекса установлены как в гипербазитах первой фазы (апоперидотитовые серпентиниты и пироксениты), так и базитах второй фазы (габбронориты). Проявления сульфидов в этих породах имеют весьма неравномерное распределение и представлены пространственно совмещенными сингенетической и эпигенетической минерализацией. Первая образует рассеянную вкрапленность (2–8 об. %) интерстиционного типа пентландит(1,5–4%)–халькопирит(5–8%)–пирротин(80–85%) ассоциации с хромитом и магнетитом, вторая — на отдельных участках гнездовидные и прожилковидные выделения (10–15 об. %) халькопирит(до 25%)–сфалерит(в халькопирите)–пентландит (5–7%)–пирротин(40–60%) ассоциации с присутствием пирита, ильменита, магнетита. По результатам химического анализа эпигенетическое оруденение характеризуется более высокими содержаниями полезных компонентов (Ni до 1,96, Cu до 2,21, Co до 0,5 мас. %).

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 02.740.11.0021 и ГК П171 под руководством проф. Н.М.Чернышова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л., Фролов С.М. Гипербазиты КМА. – Воронеж: ВГУ, 1981.
2. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2004.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ТИПОМОРФНО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ

А.А.Бочнева (ИГЕМ РАН), bochneva@mail.ru

COMPILING A DATABASE OF TYPE MINERALOGIC FEATURES OF Ti-Zr PLACERS

A.A.Bochneva

Создание пополняемой базы данных (БД) и атласа минеральных форм россыпеобразующих и попутных минералов, характеризующих различные фациальные обстановки комплексных россыпей тяжелых минералов, разработка комплекса наиболее информативных типоморфно-минералогических признаков россыпных минералов для реконструкции фациально-литодинамических обстановок россыпеобразования, а также создание предварительной методики микропалеофациального анализа и прогноза комплексных россыпей тяжелых минералов выполнены в целях оптимизации геологоразведочных работ. Полевые исследования проводились на россыпных объектах Западно-Сибирской россыпной мегапровинции.

Отобраны пробы, характеризующие фациальную зональность титан-циркониевых россыпей (Умытйинская и Ордынская).

Для создания базы данных типоморфно-минералогических свойств минералов титан-циркониевых россыпей исследовано >1500 проб из пяти структурно-фациальных зон. Методами электронной микроскопии и микрозондового анализа изучены около 300 образцов россыпеобразующих минералов. Исследованы морфология и типоморфизм (с получением микрофотографий) для 220 минеральных зерен, изучен химический состав 60 зерен титановых минералов, получено 224 точечных энерго-дисперсионных спектра (микрозонд).

Преимущество базы данных не только в сохранении информации, но и в быстром получении и возможности анализировать ее различными методами. В частности, в разработанной нами структуре БД предполагается связь данных с математическим аппаратом для возможности статистических исследований.

В структуру БД входят следующие параметры исследуемых отложений: географическая привязка, стратиграфическая и структурно-фациальная принадлежность, гранулометрический и минералогический составы тяжелой фракции, описание типоморфных особенностей россыпеобразующих минералов тяжелой фракции с выделением первичных и гипергенных признаков, химический состав основной массы зерен и вторичных образований и др. Выделен также комплекс наиболее информативных типоморфно-минералогических признаков минералов для реконструкции фациально-литодинамических обстановок в пределах россыпеобразующей формации «промежуточный коллектор – флювиальная палеодолина – палеодельта – литоральная зона палеобассейна – прибрежное мелководье палеобассейна». Среди этих признаков гранулометрический состав тяжелой фракции, характеризующий динамическое состояние обстановки осадконакопления; устойчивость минерального состава отложений, оцениваемая по методу главных компонент; типоморфные особенности россыпеобразующих компонентов и степень вторичных гипергенных преобразований, по-разному проявленные в различных структурно-фациальных комплексах.

Выделенные комплексы признаков использованы для реконструкции литолого-фациальных условий россыпеобразования Умытйинской площади Зауральского россыпного района, что служит основой для апробации и дальнейшей разработки методики микропалеофациального анализа.

Работа проводилась при частичной финансовой поддержке РФФИ № 09-05-00268-а.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ «ГИС – ГРП – УГОЛЬ» — ВОЗМОЖНОСТИ И СОСТОЯНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Т.В.Бударина, С.С.Леонов, В.Н.Микерова (ВНИГРИуголь Роснедра Минприроды России), geocal@aaanet.ru

COAL EXPLORATION-SPECIALIZED GIS: POSSIBILITIES FOR PRACTICAL IMPLEMENTATION T.V.Budarina, S.S.Leonov, V.N.Mikeroва

Для обобщения и анализа информации, получаемой в процессе геологоразведочных работ (ГРП), разработана справочно-аналитическая информационная система по объектам поисковых и оценочных работ на уголь — «ГИС – ГРП – Уголь». Реализация системы обеспечивается фактографическими базами данных (БД) по скважинам, выработкам и участкам ГРП, а также графической составляющей — электронными картами в среде ГИС и программными модулями обработки, оперативного анализа и моделирования данных ГРП. В системе учитываются следующие объекты: административно-территориальные единицы — административные территории (районы), субъекты РФ, федеральные округа, Россия; угленосные объекты — участки, месторождения, угленосные площади, угленосные (геолого-промышленные) районы, угольные бассейны; горные выработки — скважины, канавы, шурфы и др.

В информационном разделе системы содержатся данные о местоположении и структурно-тектоническом положении объекта; наличии пликтивных и дизъюнктивных дислокаций; возрасте угленосных отложений; характеристике угольных пластов; подсчете запасов и оценке прогнозных ресурсов; распределения ресурсов по различным параметрам; ожидаемых и фактических приростах запасов/ресурсов; организациях, проводивших геологоразведочные работы; лабораториях, в которых выполнялись исследования углей и пород; видах проведенных геологических работ, их объемах, качестве и т.д.

В составе фактографических БД накоплены сведения о балансовых запасах угля Российской Федерации по состоянию на 1998–2010 гг. по 1976 объектам, прогнозных ресурсах угля на 1998 и 2003 гг.

по 847 объектам, геологических особенностях 1200 объектов учета БД, проведении геологоразведочных работ за отчетные периоды по 19 участкам ГРП, результатах исследований, послойном описании разреза по скважинам, строении угольных пластов по 950 скважинам на объектах ГРП.

Для оценки состояния угольной ресурсной базы и выполнения геологоразведочных работ по России созданы ГИС-проекты по федеральным округам, субъектам РФ, угольным бассейнам м-бов 1:2 500 000, 1:1 000 000 и крупномасштабные карты по месторождениям и участкам проведения ГРП, организованные в картографическую БД.

С помощью разработанных программных модулей обеспечиваются следующие возможности системы: ведение фактографических БД (ввод, редактирование и просмотр данных);

выполнение графических построений — создание осевой геологической колонки скважины с геофизическими кривыми, детализационных колонок, вертикального геологического разреза с использованием фактографической БД по горным выработкам;

расчеты и вывод данных о геолого-промышленных характеристиках угольных объектов; состоянии и воспроизводству угольной сырьевой базы по всем объектам учета; методике и объемах выполненных ГРП; послойном описании керна, строении угольных пластов, результатах лабораторных исследований в виде различных документов — паспортов, отчетов, справок, диаграмм.

Применение системы на объектах геологоразведочных работ приводит к сокращению времени камеральной обработки материалов, повышению информативности, точности и качества картографических работ. Кроме того, система может использоваться при подготовке материалов для оперативного сопровождения ГРП, выполняемых за счет средств Государственного бюджета РФ, а также при разработке информационно-аналитических обзоров по состоянию угольной сырьевой базы и т.д.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ЗОЛОТО В 2002–2010 ГГ. В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА **С.С.Вартанян, Т.Е.Анненкова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru**

EFFECTIVENESS OF THE STATE BUDGET-FUNDED GOLD EXPLORATION IN RUSSIA (2002–2010)

S.S.Vartanyan, T.E.Annenkova

Научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ (ГРП) на твердые полезные ископаемые, которые выполняются на объектах за счет средств федерального бюджета, осуществляется специалистами ЦНИГРИ и других отраслевых НИИ с 2002 г. За этот период накоплен обширный фактический материал, позволяющий проанализировать результативность ГРП в различных регионах России. Около половины объемов финансирования работ на твердые полезные ископаемые, а также на число объектов ГРП было нацелено на выявление, локализацию и оценку прогнозных ресурсов Au — металла наиболее востребованного недропользователями при лицензировании участков недр. Всего проанализированы результаты ГРП по 22 субъектам РФ (189 объектов): республики Саха (Якутия), Бурятия, Хакасия, Башкортостан, Алтай, Кавказский регион (республики Карачаево-Черкесская, Северная Осетия-Алания, Дагестан), Ямало-Ненецкий, Чукотский автономные округа, Красноярский, Алтайский, Забайкальский, Хабаровский, Приморский края, Магаданская, Свердловская, Кемеровская, Иркутская, Сахалинская, Оренбургская, Амурская области.

Анализировалась подготовленная выборка объектов, целевым назначением которой была оценка прогнозных ресурсов Au категорий P_1 , P_2 , P_3 . Всего по результатам работ 2002–2010 гг. апробировано 1783 т прогнозных ресурсов Au категории P_3 , 2687 и 1164 т категорий P_2 и P_1 соответственно. Затраты на выполнение ГРП по 189 объектам составили ~10 млрд. руб.

Для сравнения эффективности ГРП в различных субъектах РФ прогнозные ресурсы Au приведены к условной категории P_1 ($P_1 = P_1 + 0,5P_2 + 0,25P_3$), которые сопоставлены с данными по фактической стоимости работ на каждом объекте.

Проведенный анализ результатов выполнения ГРП за счет средств федерального бюджета позволяет сделать следующие выводы:

основной объем прогнозных ресурсов Au (P_3 922, P_2 1531, P_1 861 т) локализован и оценен в золоторудных районах с высоким металлогеническим потенциалом — в Красноярском крае, Республике Саха (Якутия) и Магаданской области;

средняя стоимость 1 т условных прогнозных ресурсов категории P_1 в субъектах РФ различна. Наиболее эффективно затрачены средства (от 1,5 до 3 млн. руб. за 1 т) в республиках Хакасия, Саха (Якутия), Алтай, Ямало-Ненецком автономном округе, Алтайском, Красноярском краях, Сахалинской, Свердловской, Оренбургской областях; более высокая стоимость (до 8 млн. руб. за 1 т) приходится на Чукотский автономный округ, Приморский, Хабаровский края, Амурскую область; самые неэффективные по этому показателю ГРП проведены в республиках Кавказского региона, где стоимость 1 т локализованных условных прогнозных ресурсов Au категории P_1 составляет >30 млн. руб;

для оценки эффективности ГРП на золото рассчитан прирост ценности недр (в руб.), приходящийся на 1 руб. затрат. С этой целью апробированные по результатам ГРП прогнозные ресурсы золота переведены в условные запасы Au категории C_1 с использованием понижающих коэффициентов, затем была определена стоимость этих запасов в рублях (при цене 1350 дол. за тройскую унцию). В среднем по России условный прирост ценности недр составляет около 100 руб. на 1 руб. затраченных средств на ГРП на рудное золото.

Итак, анализ результатов ГРП, направленных на выявление прогнозных ресурсов Au за счет средств федерального бюджета в 2002–2010 гг., показал эффективное (в различной степени) расходование средств во всех субъектах РФ, за исключением республик Кавказского региона. По комплексу статистических характеристик наиболее результативно проведены ГРП в пределах золоторудных районов республик Хакасия и Саха (Якутия), Красноярского, Алтайского, Забайкальского краев, Иркутской и Магаданской областей.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ЕГО РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

С.С.Вартанян, А.Г.Волчков (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF MINERAL EXPLORATION: ENHANCING EFFICIENCY

S.S.Vartanyan, A.G.Volchikov

Для решения задач по обеспечению минерально-сырьевой безопасности РФ, укреплению и расширению сырьевой базы твердых полезных ископаемых важнейшее значение имеет повышение эффективности и результативности геологоразведочных работ (ГРП), выполняемых как за счет средств федерального бюджета, так и средств недропользователей.

В соответствии с Долгосрочной государственной программой изучения недр для сбалансированного воспроизводства минерально-сырьевой базы ежегодное соотношение затрат федерального бюджета и частных инвестиций на ГРП должно составлять не менее 1:5. В действительности из-за кризисных явлений в последние годы оно выглядит иначе, отражая существенно меньший вклад недропользователей: в 2008 г. — ~1:3, в 2010 — близко к 1:2, что, естественно, не может не сказаться отрицательно на выполнении заданий Долгосрочной программы....

Исходя из анализа результативности ГРП, выполняемых за счет средств федерального бюджета и средств недропользователей, авторы предприняли попытку сравнить и оценить эффективность работ, финансируемых из этих двух источников. Для анализа выбраны затраты на благородные металлы и алмазы за период 2008–2010 гг. Так в 2008–2009 гг., при затратах в 2,7 млрд. руб. за счет средств федерального бюджета ГРП обеспечили 65% прироста ценности благородных металлов и алмазов от общероссийских, а при затратах в 30,1 млрд. руб. за счет недропользователей — лишь 35%, т.е. почти в два раза меньше. Приведенные цифры отражают тот факт, что эффективность ГРП, проводимых за счет средств федерального бюджета, приблизительно в 20 раз выше. Причины столь существенного различия в эффективности ГРП, выполняемых за счет различных источников финансирования, конечно, разноплановые. Остановимся на одной, во многих случаях определяющей, по мнению авторов, успех или неудачу проводимых ГРП.

В 2001 г. Государственная геологическая служба России приняла решение об обязательном научно-методическом обеспечении и сопровождении ГРП на твердые полезные ископаемые, выполняемых за счет федерального бюджета силами отраслевых НИИ. Научно-методическое обеспечение и сопровождение направлено на реализацию ранее созданных и создаваемых научно-прикладных разработок при формировании и выполнении годовых программ геологоразведочных работ Федерального агентства по недропользованию, а именно:

обоснование сырьевых и территориальных приоритетов ГРП на основе анализа результатов прогнозно-металлогенических исследований, а также базирующихся на долгосрочных и среднесрочных прогнозах использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы;

внедрение в практику ГРП прогрессивных технологий (геологических, геофизических, геохимических, минералогических, металлогенических, технологических, аналитических, геолого-экономических), начиная со стадии проектирования работ;

оптимизацию методов и методик работ на основе прогнозно-поисковых комплексов применительно к различным геолого-промышленным типам месторождений и условиям их нахождения, отраженным в подготавливаемых прогнозно-поисковых и других моделях;

оценку прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на основе подготовленных специалистами отраслевых НИИ методических рекомендаций;

определение эффективности и результативности ГРП и разработку рекомендаций по их повышению.

Задачи научно-методического сопровождения ГРП, выполняемых за счет средств федерального бюджета, и технология их реализации иллюстрируются на конкретных объектах Госзаказа. Рассмотрены подходы к решению аналогичных задач при выполнении ГРП за счет средств недропользователей; проведено сравнение результативности и эффективности ГРП, выполняемых за счет средств из двух источников финансирования. Это сравнение отражает имеющиеся существенные различия в подготовке и проведении ГРП за счет средств госбюджета и недропользователей. В первом случае в решении задач Госзаказа участвуют отраслевые НИИ в рамках научно-методического сопровождения, во втором — подобный или близкий механизм отсутствует. Указанное различие наряду с другими (не менее важными, с нашей точки зрения) является решающим фактором более высокой результативности ГРП, выполняемых за счет средств федерального бюджета.

ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОКОНТУРИВАНИЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ТАКСОНОВ РАНГА РУДНЫЙ РАЙОН – РУДНОЕ ПОЛЕ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ВЕДУЩИХ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ

С.С.Вартанян, А.Г.Волчков, В.П.Новиков (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
nms@tsnigri.ru

PRINCIPLES OF REVEALING AND CONTOURING OF METALLOGENIC UNITS (ORE CLUSTER – ORE FIELD LEVELS), AS EXEMPLIFIED BY BASE AND PRECIOUS METAL DEPOSITS OF KEY ECONOMIC TYPES

S.S.Vartanyan, A.G.Volchkov, V.P.Novikov

Для решения задач по воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых, предусмотренных Долгосрочной государственной программой Федерального Агентства по недропользованию (ФАН), ежегодно формируются Перечни объектов государственного заказа ФАН на каждый последующий год. В них включаются объекты принципиально различного ранга — рудный район – рудное поле – поисковый участок, в пределах которых на основе проведенных геологоразведочных работ должны быть оценены прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых категорий P_3 , P_2 и P_1 .

Наиболее распространенный подход к выделению рудных районов и рудных полей опирается на данные о пространственном размещении рудной минерализации в пределах выделяемой перспективной площади при ограниченном использовании геологических, геофизических, геохимических и других материалов. В связи с этим в качестве соответствующего таксона выделяется и оконтуривается площадь с наибольшей концентрацией проявлений, пунктов минерализации, геохимических ореолов и других признаков рудоносности. При таком подходе границы таксонов нередко проводятся вне зависимости от геологической ситуации. Они могут пересекать разнообразные геологические элементы — массивы гранитоидов (в том числе продуктивные), поля вулканитов, разрывные нарушения различных рангов и т.д. Причем часть перспективных по общегеологическим признакам площадей может исключаться, а бесперспективных — включаться в контур таксона. Этим во многих случаях определяются заведомо неоправданные вариации размеров площадей выделяемых таксонов (главным образом в сторону их завышения), что, в свою очередь, обуславливает резкие колебания ассигнований, требуемых на геологоразведочные работы, или их проведение на заведомо бесперспективных площадях.

Авторами в составе большого коллектива исполнителей проанализированы материалы по геологическим, геохимическим, геофизическим и другим характеристикам хорошо изученных рудных районов и полей с месторождениями цветных и благородных металлов ведущих геолого-промышленных типов: золото-серебряные, золото-сульфидно-кварцевые, золото-кварцевые и серебро-полиметаллические, МПП, медноколчеданные, медно-порфировые, медно-никелевые, медно-свинцово-цинковые. Всего анализом охвачены 24 рудных района и 27 рудных полей. Система критериев и признаков, необходимых для выделения и оконтуривания конкретных рудных районов и рудных полей, оптимизирована на основе сопоставления их с элементами типовых прогнозно-поисковых моделей упомянутых таксонов, ранее разработанных в ФГУП «ЦНИГРИ». Предложены принципы и методика их выделения и оконтуривания, позволяющие в значительной мере устранить отмеченные выше недостатки.

Выполненные исследования показали, что при выделении и оконтуривании рудных районов и полей с месторождениями благородных и цветных металлов необходимо использовать единый комплекс взаимосвязанных критериев и признаков — структурно-тектонических, структурно-формационных, рудно-формационных, фациальных, литолого-петрографических, гидротермально-метасоматических и минералого-геохимических. Некоторые вариации в применении намеченных критериев и признаков связаны с увеличением степени детальности исследований. Так, формационный подход, доминирующий при выделении и оконтуривании рудных районов, на рудных полях уступает место фациальному с использованием петрографических и литологических характеристик рудовмещающих комплексов. Существенно возрастает также роль минералого-геохимических, гидротермально-метасоматических критериев и признаков. Геофизические же критерии при выделении и оконтуривании рассматриваемых таксонов играют вспомогательную роль и используются преимущественно для уточнения отдельных элементов их геологического строения и только в ряде случаев позволяют уточнить границы таксона.

Исследования показали также, что в подавляющем большинстве случаев при выделении и оконтуривании рудных районов главную роль играют критерии и признаки, характеризующие геологическую обстановку их локализации, в то время как для рудных полей, помимо них, определяющими становятся критерии и признаки, отражающие проявления рудного процесса.

Разработанная методика предусматривает предварительное выделение и оконтуривание металлогенического таксона с использованием отдельно каждой группы критериев и признаков (продуктивные геологические формации, гидротермально измененные породы, геохимические ореолы профилирующего элемента и его элементов-спутников, данные по рудоносности). Окончательное уточнение границ выделенного таксона производится путем сопоставления графических решений по каждой группе критериев и признаков и выбора оптимального решения, не противоречащего разработанным устоявшимся определениям таксона. При оконтуривании металлогенического таксона необходим также учет отраженных в адаптированной прогнозно-поисковой модели уровня эрозионного среза и пострудных преобразований (складчатости, взбросовых и сдвиговых разрывных нарушений, нарушенности более поздними интрузивными телами), существенно влияющих на его морфологию и размеры.

Благодаря высокой обоснованности выделения и оконтуривания металлогенических таксонов разработанные принципы и методика эффективны как на этапе выбора объектов для проведения геологоразведочных работ, так и при выделении более локальных площадей по результатам работ. Возможности их применения проиллюстрированы на примере ряда объектов.

СВЕТЛОЖГУЩИЕСЯ ИЗВЕСТКОВИСТЫЕ ЛЕГКОПЛАВКИЕ ГЛИНЫ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Г.П.Васянов, Б.Ф.Горбачев, Е.В.Красникова, Е.Н.Пермяков (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России), root@geolnerud.net

LIGHT-COLORED CALCAREOUS FIRE CLAY, A PROMISING INDUSTRIAL MINERAL OCCURING IN THE PRIVOLZHISK FEDERAL OKRUG

G.P.Vasyanov, B.F.Gorbachev, E.V.Krasnikova, E.N.Permyakov

Легкоплавкие светложгущиеся известковистые глины слагают верхнеюрские отложения Ульяновско-Саратовского прогиба. Наиболее детально они изучены по инициативе ЦНИИгеолнеруд в республиках

Татарстан и Чувашия. Промышленное признание получили с освоением Максимковского месторождения в Тетюшском районе Республики Татарстан. Из смеси таких глин с четвертичными суглинками в соотношениях близких 1:1 на ряде заводов, некоторые из которых расположены от месторождения более чем на 200 км, получают строительный кирпич, пользующийся значительным спросом ввиду привлекательной светлой окраски при хороших физико-механических свойствах. Светлая окраска кирпича обусловлена тем, что при обжиге карбонатсодержащей глинистой массы происходит твердофазовая реакция с формированием новообразованных силикатов и алюмосиликатов кальция (воластонит, мелилит), в которые изоморфно входит большая часть изначально присутствовавшего железа. При этом его хромогенная эффективность значительно снижается.

В настоящее время, помимо Максимковского, разведаны и разрабатываются еще два месторождения — Жуковское и Салмановское, в разведке — Северо-Салмановское. С учетом полученного положительного эффекта в 2005–2007 гг. ОАО «Волгагеология» осуществлены поиски известковистых (мергелистых) глин. Выявлены их месторождения и проявления в Нижегородской, Ульяновской областях, республиках Чувашия и Мордовия с суммарными запасами категории C_2 7,4 млн. м³ и прогнозными ресурсами категории P_1 18,7 млн. м³. Ни одно из вновь обнаруженных месторождений не эксплуатируется.

Перспективными для поисков светложгущихся легкоплавких глин представляются также верхнеюрские отложения южнее Ульяновской области. В 2009 г. ЦНИИгеолнатурпроводено ревизионное обследование глин в верхнеюрских отложениях на территории Самарской и Саратовской областей. В Самарской области наибольший интерес представляет Первомайское месторождение известковистых глин в Сызранском районе, ранее разведенное для производства цемента. Химический состав глин, %: SiO_2 40,92–48,68, TiO_2 0,57–0,65, Al_2O_3 10,79–11,31, Fe_2O_3 4,20–4,64, CaO 14,10–20,89. Глины полиминеральные с преобладанием в глинистой составляющей смешанослойных минералов при равномерном распределении в глинистой массе тонкокристаллического кальцита. При обжиге 900°C прочность керамического образца на изгиб 8–12 МПа, на сжатие 23–36 МПа, цвет кремовый. Заслуживают внимания известковистые глины по берегам р. Сызранка и ее притоков, также имеющие благоприятные показатели состава и свойств.

В Саратовской области верхнеюрские известковистые глины на правом берегу р. Волга скрыты под четвертичными образованиями значительной мощности, поэтому их изучение и технологическая оценка потребуют проведения буровых работ. За Волгой в Перелюбском районе верхнеюрские отложения распространены локально и представлены рассыпчатыми мергелями, которые также можно использовать для подготовки шихты при получении светлоокрашенной строительной керамики.

Можно полагать, что промышленно значимые залежи известковистых глин, пригодных для производства светлоокрашенного керамического кирпича, могут быть обнаружены на территории Приволжского федерального округа не только в юрских, но и в неогеновых меловых, верхнепермских отложениях. Изучение, освоение и рациональное использование запасов светложгущихся глин может значительно укрепить минерально-сырьевую базу строительной индустрии, способствовать расширению ассортимента изделий и росту промышленного потенциала Верхнего и Среднего Поволжья.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВНЫХ СРЕД

А.М.Вахрушев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru

DEVELOPING EXPLORATION CRITERIA OF SULFIDE CU-NI MINERALIZATION THROUGH MODELING OF GRAVITY DIFFERENTIATION OF SILICATE MELTS

A.M.Vakhrushev

В серии работ теоретического и методического плана А.И.Кривцовым на примере норильских медно-никелевых месторождений разработаны их геолого-генетические модели, предусматривающие гравитационное разделение рудно-силикатных расплавов с перемещением рассеянного в виде капель рудного вещества. При слиянии капель формируются массивные сульфидно-медно-никелевые руды, накапливающиеся в придонных частях интрузива в условиях пережима его мощности на перегибах рельефа основания. Этими исследованиями определены также методические подходы к компьютерному моделированию рудонакопления в движущихся сульфидно-силикатных расплавах. Они позволили автору создать компью-

терную модель гравитационного расслоения многокомпонентного силикатного расплава в динамике его продвижения по длине магматического канала. При моделировании процесса обособления и укрупнения диспергированных частиц рудосодержащего вещества и их осаждения на дно канала учитываются реальные физические величины, присущие силикатным расплавам и содержащимся в них частицам сульфидного расплава. Это, в свою очередь, позволило перейти к численным значениям параметров процесса и выявить закономерности рудонакопления на дне модельного магматического канала.

Численно-графическим компьютерным моделированием проиллюстрирована зависимость дальности переноса сульфидных частиц от их состава, плотности и радиуса.

Проведенные компьютерные эксперименты по течению сульфидно-силикатного расплава без учета слипания частиц в эллиптическом пологозалегающем, воздымающемся и нисходящем канале с изломом, а также канале, осложненном выступом дна, показали зависимость накопления масс рудосодержащего вещества от рельефа дна. Установленная латеральная минеральная зональность позволяет определить, какой продуктивной части интрузива может принадлежать то или иное сечение. Эти данные можно использовать при направлении поисков в наиболее рудоносные части интрузива, а также наиболее вероятные места скопления руд определенного состава.

Эксперименты со слипанием частиц показывают возможность образования особо крупных быстро осаждающихся агрегатов, что является предпосылкой для накопления в придонных частях сульфидной жидкости и позволяет прогнозировать примерные составы и места образования богатых вкрапленных и массивных руд.

Изучение продвижения двухкомпонентного расплава выявило дифференциацию скоростей течения сульфидной и силикатной составляющих и возникновение эффекта «смазки», действующего со стороны сульфидной жидкости на силикатную. Это вкупе с анализом результатов экспериментов со слипанием частиц позволило установить точки равенства скоростей и пройденных расстояний сульфидного и силикатного расплавов, оценить максимальную возможную мощность накопленного вещества и смещение поискового «шага» по простиранию канала.

МЕТАЛЛОНОСНЫЕ ЧЕРНЫЕ СЛАНЦЫ И ПЕСЧАНО-СЛАНЦЕВЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ: РАЗЛИЧИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ

Б.Я.Вихтер (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

METALLIFEROUS BLACK SHALE SEQUENCES VS. ARENACEOUS MUDSTONE AND SILTSTONE TERRIGENOUS SERIES: DIFFERENCES AND GOLD POTENTIAL

B. Ya. Vikhter

Золоторудные месторождения в терригенных толщах, представляющие золото-мышьяково-сульфидное семейство, составляют существенную долю в мировой минерально-сырьевой базе золота. Часто их относят к месторождениям «черносланцевых толщ», «углеродистых толщ», «черносланцевых формаций», «черных сланцев». Судя по названиям, вмещающая среда — черные сланцы — считается характерным признаком золотоносности и условием присутствия в ней золоторудных месторождений. На этом нередко основываются высокие перспективы золотоносности отдельных территорий. Однако черные сланцы присутствуют в разрезах слоистых толщ многих геотектонических обстановок, и не всегда с ними связаны золоторудные месторождения. Для повышения достоверности прогнозных построений целесообразно рассмотреть главные признаки рудоносных толщ и обстановку локализации золоторудных месторождений упомянутого семейства, отграничив их от других слоистых комплексов с черными сланцами с иной металлоносной специализацией.

Высокоуглеродистые ($C_{орг}$ 10–15% и более) металлоносные черные сланцы характеризуются повышенными фоновыми содержаниями Au, часто аномальными его содержаниями в месторождениях типоморфных для формации металлов (V, Zn, Ni, Mo, Cu, U, P, МПП и др.). Они известны в чехлах платформ и интракратонных палеорифтах. Происхождение материала хемогенное, органогенное, эдафогенное с незначительной долей терригенного. Промышленные золоторудные месторождения в связи с черносланцевой формацией не встречаются даже при наличии условий для рудогенных (термостатических) обстановок.

В слабо и умеренно углеродистых ($C_{орг}$ от долей до 1–2%) песчано-сланцевых комплексах складчато-орогенных областей мио- и мезогеосинклинального профиля (в том числе в бассейновых обстановках

супракрустальных комплексов щитов) широко распространены золото-мышьяково-сульфидные месторождения, нередко крупного и гигантского масштабов. Происхождение материала в основном терригенное.

В вулканогенно-осадочных комплексах складчато-орогенных областей эвгеосинклинального профиля (в том числе в зеленокаменных поясах супракрустальных комплексов щитов) нередко встречаются углеродистые песчано-сланцевые породы эдафогенного происхождения с подчиненной ролью терригенного. В них также формируются золоторудные месторождения, иногда крупного масштаба; руды этих месторождений обычно золото-пирит-полиметаллические, нередко с повышенным количеством теллуридов, в том числе теллуридов золота.

Некоторые крупные тектонические структуры сложены вулканогенными, туфогенно-осадочными, черносланцевыми, песчано-сланцевыми комплексами, имеющими некоторое литологическое и геохимическое сходство с тремя вышеотмеченными комплексами трех соответствующих геотектонических обстановок. Специфической чертой этих структур является нередко высокое фоновое содержание элементов, свойственных черным сланцам (МПГ, Mo, Zn, V, Ni и др.), и широкое развитие даек и силлов базитового и ультрабазит-базитового составов. В их пределах в благоприятных рудогенных обстановках обнаруживаются лишь небольшие золоторудные месторождения.

Сравнительная характеристика металлоносных черных сланцев и золотоносных комплексов кластогенно-осадочных пород

Характеристики	Металлоносные черные сланцы	Золотоносные песчано-сланцевые комплексы	Золотоносные вулканогенно-осадочные комплексы
Литологический и/или литоформационный характер рудоносных – рудовмещающих пород	Глинистые и алевроглинистые сланцы, кремнистые сланцы и доломиты, а также фосфатоносные кремни, известковистые и сульфидные конкреции, в подчиненном количестве песчаники и конгломераты	Преимущественно полимиктовые и олигомиктовые, граувакковые песчаники, алевролиты, алевропелиты, иногда известковистые, а также гравелиты и конгломераты. Выделяются формации: флишевая, флишеидная, олистостромово-флишеидная, шлировая моласса	Вулканомиктовые песчаники, алевролиты, алевропелиты, реже граувакковые, полимиктовые и олигомиктовые песчаники, гравелиты, конгломераты; широко развиты хлоритовые и серицит-хлоритовые сланцы
Мощность рудоносных комплексов	От сантиметров–первых метров до нескольких десятков метров, реже >100 м	От 1–2 до 5 км	В среднем 0,5–1 км, иногда до первых километров
Происхождение материала комплексов	Хемогенное, органогенное, эдафогенное (илы), небольшая доля терригенного материала	Преимущественно терригенное	Преимущественно эдафогенное, подчиненная роль терригенного материала
Современная геотектоническая позиция	Чехлы платформ, интракратонные платформенные впадины, (эпикратонные палеорифты)	Складчато-орогенные области мио-, мезогеосинклинального профиля и бассейны супракрустальных комплексов щитов	Складчато-орогенные области эвгеосинклинального профиля и зеленокаменные пояса щитов
Углеродистость рудоносных – рудовмещающих толщ, $C_{орг}$, %	Обычно от 2–3 до 50% и более; в среднем 10–15%	Обычно от 0,1 до 1,5–2,5%, в среднем 0,5%	
Фоновая золотоносность, мг/т	7±1	1–5	
Геохимическая специализация толщ (надкларковые сдержания)	V, Ni, Zn, Mo, U, МПГ, Au, Ag, Cu, As, Pb, Mn, Th, P	Определяется металогенической специализацией провинций	

ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫЕ ВКРАПЛЕННЫЕ ГИГАНТЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

А.В.Волков (ИГЕМ РАН), tma2105@mail.ru

HIGH TONNAGE LOW GRADE GOLD GIANTS OF THE RUSSIAN FAR NORTH-EAST

A.V.Volkov

Вовлечение в эксплуатацию месторождений золото-сульфидного типа с невидимым золотом позволит увеличить и стабилизировать уровень золотодобычи в России до конца текущего века, так как на каждом месторождении (как показывает пример Олимпиадинского) в течение десятилетий возможна ежегодная добыча золота от 5 до 25 т.

В многочисленных коренных месторождениях различного минерального состава золото находится в нескольких формах: самородной, минералов золота и в рассеянной в тесной связи с сульфидами. Невидимое (тонкодисперсное и ионное) золото широко распространено в сульфидах как собственно золоторудных, так и колчеданных, медно-порфировых, медно-никелевых месторождений. Во многих мезотермальных месторождениях золото-сульфидных прожилково-вкрапленных руд с ограниченным развитием кварцевых жил невидимое золото преобладает. Наличие невидимого золота в сульфидах придает рудам упорные свойства, затрудняет извлечение металла, исключает обычно используемое цианидное выщелачивание.

Крупные Au-As-Sb месторождения вкрапленных руд известны в различных по возрасту металлогенических провинциях (от докембрия до плейстоцена). Они располагаются преимущественно в терригенных и терригенно-карбонатных углеродсодержащих толщах в зонах глубинных разломов. Золотоносные сульфиды образуют мелкую и тонкую вкрапленность в зонах дробления и расщепления пород. Вкрапленные руды характеризуются отношением Au/Ag до 10:1 и выше, относительно равномерным распределением золота (коэффициент вариации содержаний >60%), присутствующего главным образом в виде тонкодисперсных включений в мышьяковистом пирите (As 1–7%) и сурьмянистом арсенопирите (Sb 0,001–0,1%). Содержание этих сульфидов в рудах варьирует от 5 до 15% (в среднем 8–10%). Типоморфный и наиболее золотоносный рудный минерал — игольчатый арсенопирит — содержит в среднем >300 г/т Au. В составе арсенопирита, по сравнению с эталонным, содержится избыточное количество серы (отношение S/As 1,2–1,3). Однако количественно в рудах большинства месторождений преобладает золотосодержащий As-пирит, метакристаллы которого отличаются тонкозональным и блоковым внутренним строением. Среднее содержание Au в пирите составляет 30–60 г/т.

Вкрапленное сульфидное оруденение непрерывно прослеживается без существенного изменения состава и содержания Au на глубины, превышающие 1 км, причем минералогическая латеральная и вертикальная зональность отсутствует. Вкрапленные сульфидные руды месторождений Северо-Востока России (Майское, Неждановское, Кючук) принципиально не отличаются от руд месторождений Казахстана (Бакырчик), Узбекистана (Даугызтау, Кокпатау), Таджикистана (Чоре, Кончок), Финляндии (Сурикусуко), Австралии (Форстевил), США (Донлин Крик), Ганы (Ашанти) и др. Формирование золото-сульфидных вкрапленных руд в зонах расщепления и смятия могло происходить из существенно газовых металлоносных флюидов. Последующее образование гидротермальных флюидов, участвовавших в рудообразовании, могло быть результатом смешения рудоносных газов с метеорными и ювенильными водами на верхних горизонтах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОНЗ № 2, Программы Президиума РАН № 24, проекта РФФИ (11-05-00006-а).

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ВУЛКАНА КУДРЯВЫЙ, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА

Т.В.Володькова (Институт тектоники и геофизики ДВО РАН), tat-volodkova@yandex.ru

RARE METAL FEEDERS OF THE KUDRYAVY VOLCANO, KURILE ISLANDS: GEOPHYSICAL SIGNATURES

T.V.Volod'kova

Согласно классической схеме, вулкан может развиваться в течение одного или нескольких законченных циклов. В начале каждого цикла происходит излияние платобазальтов, формируются стратовулканы

конической формы. В конце цикла вследствие взрывных тектонических процессов образуется кальдера. После некоторого промежутка затишья вулканический цикл может повториться.

Курильские острова изучались с использованием комплекса геофизических методов, в том числе сейсморазведки ГСЗ, МОВЗ и аэрогеофизической съемки м-ба 1:50 000 (аэромагниторазведка, аэрогаммаспектрометрия), которые могут использоваться для оценки перспектив вулканоструктур. Аэромагниторазведка позволяет выделять зоны максимального скопления магнитных минералов (зоны «магнетитовой отсадки»). Естественные радиоактивные элементы (ЕРЭ) обладают крайней несовместимостью и служат элементами-индикаторами магматических процессов; карты отношений ЕРЭ используются для выделения гидротермально измененных пород и метасоматитов, а также вулканитов по составу и степени щелочности. Автором установлено, что вулканы, сформировавшиеся в течение одного цикла, отличаются развитием вулканитов пониженной щелочности с интенсивными гидротермально-метасоматическими изменениями и отсутствием продуктов «магнетитовой отсадки». Для вулканов, формировавшихся более длительно, типичны мощные ареалы «магнетитовой отсадки», отсутствие развитых гидротермальных систем и преобладание вулканитов нормальной и повышенной щелочности. У вулканов первого типа на глубине по данным МОВЗ фиксируются единичные коровые магматические очаги или их отсутствие, для вулканов второго типа характерны многочисленные коровые и мантийные очаги. Перспективные на руды вулканоструктуры обычно связаны с мантийными источниками и одновременно обладают мощной гидротермально-метасоматической системой, что противоречит «курильской последовательности».

Кальдерный вулкан Медвежий (остров Итуруп) включает остатки древней доледниковой кальдерной постройки. Внутренняя часть кальдеры заполнена более молодыми вулканитами, андезитами, андезит-базальтами и базальтами; отмечаются также лавы дацитового состава. Внутри древней кальдеры выделяется тектоническая структура субширотного простираения — небольшой хребет, представленный вулканическими конусами и куполами (конусы Медвежий, Средний, Кудрявый, купол Меньшой Брат и др.). Наиболее известен конус Кудрявый, где выявлено уникальное комплексное месторождение редких элементов и золота, содержащее Re, In и другие элементы. Таким образом, кальдера вулкана Медвежий сформировалась в течение двух или более циклов. Этот вулкан аномален по строению, не отвечает «курильской последовательности» и имеет черты строения вулканов как первого, так и второго типа. Во внутренней части кальдеры преобладают породы с характеристиками $U/K \geq 1-1,5$; они определяются как вулканиты нормальной щелочности. Здесь широко развиты ареалы гидротермально-метасоматических изменений, создающих локальные аномалии отношений ЕРЭ, которые сосредоточены в области выходов древней кальдеры и центрального хребта субширотного простираения. Локальные аномалии отношений ЕРЭ, соответствующие вторично измененным породам, выделяются вблизи всех вышеперечисленных куполов и конусов.

Оруденение Re на вулкане Кудрявый связывают с фумарольной деятельностью. По аэрогеофизическим данным здесь широко развиты мощные гидротермально-метасоматические (эпитермальные) изменения. Вместе с тем, по данным МОВЗ под вулканом выделяются несколько крупных магматических верхне- и нижнекоровых очагов, а сама кальдера сформировалась в течение нескольких (не менее двух) циклов. Эти аномальные черты, по-видимому, указывают на особые перспективы вулканоструктуры.

ЛАТЕРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКОЙ МЕГАЗОНЫ (С УЧЕТОМ ДАННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ)

А.Г.Волчков, О.В.Минина, Ю.В.Никешин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), С.А.Костюченко (ВНИИГеофизика Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

SPATIOTEMPORAL SERIES OF GEOLOGICAL AND METALLOGENIC FORMATIONS IN THE WEST MAGNITOGORSK MEGAZONE (AS DEFINED USING THE HF SEISMIC DATA)

A.G.Volchkov, O.V.Minina, Yu.V.Nikeshin, S.A.Kostyuchenko

Основной геоструктурный элемент Западно-Магнитогорской мегазоны — одноименный вулканический пояс, сформированный в силуре – среднем девоне между Уралтауским поднятием на западе и Магнитогорской плитой на востоке. Пояс образован вулканогенными формациями натриевой серии базальтоидного магматизма. Ареалы развития формаций разного состава и возраста определяют положение структурно-формационных и соответствующих им металлогенических зон. Каждая зона подчиняется структурной и возрастной асимметрии пояса и смещена относительно предыдущей в восточном направлении.

В латерально-временном ряду Западно-Магнитогорского пояса вулканогенные формации и ассоциирующие с ними различные типы колчеданных месторождений с запада на восток сменяются в такой последовательности: пикрит-базальтовая риодацитсодержащая Присакмарско-Вознесенской зоны с кобальт-медноколчеданными месторождениями → риолит-базальтовая с контрастной и непрерывной субформациями Тубинско-Гайской зоны с месторождениями медно-цинковоколчеданных и золото-медно-цинковоколчеданных руд → базальт-андезитбазальтовая Ирландской зоны → контрастная риолит-базальтовая Орско-Сибайской зоны с медно-цинковоколчеданными месторождениями.

Высокая продуктивность формаций реализована в многочисленных колчеданных месторождениях Байгускаровского, Бурибайского, Гайского, Макан-Подольского, Баймакского и Сибайского рудных районов. С учетом высокой геологической и поисковой изученности площадей с рудоносными формациями, обнаженными на эрозионном срезе, на современном этапе в качестве объектов исследований выступают крупные наложенные прогибы (Присакмарский, Кизило-Уртазымский) и более мелкие впадины (Богачевская, Подольская и др.), отложения которых перекрывают формации с колчеданными рудами. Для расшифровки строения и состава субстрата таких структур и выделения участков с глубиной залегания рудоносных формаций, приемлемой для постановки поисковых работ, в последние годы методом высокочастотной сейсморазведки по профилям изучены Присакмарский и Кизило-Уртазымский прогибы. В результате получена информация, позволяющая уточнить существующие представления о характере развития колчеданосных формаций в основании этих структур и в Западно-Магнитогорской мегазоне в целом.

Присакмарский терригенный прогиб, выполненный отложениями флишоидно-граувакковой формации фамена – раннего турне и разделяющий Присакмарско-Вознесенскую и Тубинско-Гайскую колчеданосные зоны, изучен семью сейсмическими профилями. В его основании выделены меридионально ориентированные блоки, сложенные пикрит-базальтовой формацией, а также контрастной и непрерывной риолит-базальтовыми колчеданосными субформациями. Блоки сменяют друг друга с запада на восток в приведенной последовательности и разделены крупными разломами или выступами раннепалеозойского терригенного основания, фиксирующими локальными отрицательными аномалиями поля силы тяжести с $R_{\text{ср}}=10$ км. В прибортовых частях Присакмарского прогиба раннепалеозойский терригенный комплекс участками вскрыт эрозионным срезом или скважинами.

Кизило-Уртазымский прогиб, выполненный живетской вулканогенной молассой, пересечен девятью сейсмическими профилями. Рудоносная контрастная формация раннего живета, определяющая положение Орско-Сибайской колчеданосной зоны, обнажена в Сибайской, Бакр-Узякской и Карамалыташской брахиантиклинальных структурах. Сейсмическими данными и результатами интерпретации трансформированного гравитационного поля подтверждается присутствие в основании прогиба на глубинах >500 м протяженных вулканических гряд и построек, сложенных породами колчеданосной формации. На флангах в основании этих структур развиты терригенные комплексы. Узкий выступ терригенного основания, ограниченный разломами, служит восточной границей прогиба и отделяет Орско-Сибайскую колчеданосную зону от Центрально-Магнитогорской плиты.

Полученные данные подтверждают правомерность интерпретации геотектонической позиции Западно-Магнитогорской группы колчеданосных структурно-формационных зон, предложенной А.И.Кривцовым, как совокупности последовательно сменяющих друг друга во времени и пространстве вулканических поясов, формировавшихся в непосредственной связи с зонами рассеянного спрединга.

СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ЦЕНТРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА **И.Ф.Вольфсон, Е.Г.Фаррахов (РОСГЕО), geo@rosgeo.org**

PLANNING AND DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRIAL CENTERS OF ECONOMIC GROWTH: SOCIO-ECONOMIC ASPECTS **I.F.Vol'fson, E.G.Farrakhov**

Минерально-сырьевая база России как основа топливно-энергетического, горно-металлургического, агрохимического и строительного комплексов — важнейший фактор перевода экономики России на новый конкурентоспособный, технологический уклад за счет внедрения инновационных способов поисков, разведки, добычи и переработки минерального сырья. При этом необходимо создание современных

научно-методических основ прогнозирования и выявления ресурсов недр, безопасного и продуктивного использования геологической среды для жизнеобеспечения населения.

Известные процессы в социально-экономической сфере породили новые проблемы в геологической отрасли: нехватка инженерно-технических и рабочих кадров, слабая защита авторских, имущественных, социальных и других прав геологов, невысокий технико-технологический уровень выполняемых работ и др. В условиях резкого демографического спада и сокращения притока в геологию молодежи в структуре кадров отрасли возросла доля работающих сотрудников предпенсионного и пенсионного возрастов. Это обстоятельство серьезно усложняет решение задачи обоснования выделения и создания минерально-сырьевых центров экономического роста (МСЦЭР) в рамках утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1039-р «Стратегии развития геологической отрасли до 2030 года» («Стратегия 2030»), так как демографическая проблема переходит в разряд медико-социальных.

По данным специалистов РОСГЕО, разрабатывающих научно-методические основы медико-экологической безопасности территорий поисковых и геологоразведочных работ и горно-промышленных предприятий, у геологов старшего поколения высок интегральный показатель воздействия на организм геологических факторов природного и техногенного происхождения, исчисляемый с момента начала производственной деятельности. Значение данного показателя возрастает в конце интервала наблюдений, равного 12–15 годам, соответствующего периоду латентного (скрытого) этапа развития профессионального или хронического заболевания. Именно такой срок проходит от момента открытия до начала эксплуатации большинства месторождений твердых полезных ископаемых

Данное обстоятельство приобретает особое значение на стадии разработки проектов освоения и развития территорий МСЦЭР. По мнению авторов, при обсуждении стратегии их реализации самое пристальное внимание должно уделяться решению задач экологии, здравоохранения и социального обеспечения. Связанные воедино, они в конечном счете определяют экономический эффект и перспективы, заложенные в «Стратегии 2030».

Выводы авторов подтверждаются на примере состояния дел в социальной сфере Восточно-Забайкальского региона, где запланировано создание центра экономического развития на базе существующей инфраструктуры и имеются достоверные данные о социальных и медико-экологических последствиях природных и техногенных процессов, приведших к экономическим потерям крупного горнодобывающего предприятия. Охарактеризована медико-социальная сфера отдельных районов Камчатки в аспекте проектирования и освоения территорий минерально-сырьевых кластеров в условиях высокого экологического риска.

Делается обоснованный вывод о необходимости применения инновационных подходов и решений в оценке возможных производственных и экологических рисков территорий МСЦЭР.

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКОВЫХ РАБОТАХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО УРАЛА

В.Н.Глазнев, Р.А.Терентьев, В.И.Жаворонкин, П.В.Кораблинов, И.В.Притыка (ВГУ, ИМГРЭ Роснедра Минприроды России), glaznev@geol.vsu.ru

INTEGRATED GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL EXPLORATION IN THE NORTH URALS **V.N.Glaznev, R.A.Terent'ev, V.I.Zhavoronkin, P.V.Korablinov, I.V.Prityka**

Поисковые работы в рамках Комплексного плана развития МСБ Северного, Приполярного, Полярного Урала проводятся с помощью набора геохимических, геофизических и поисково-съёмочных геологических методов. Выбор участков основывается на данных геохимических съёмок м-ба 1:50 000–1:10 000 и ретроспективных данных. Особенностью исследований является их тесная координация и взаимная обусловленность.

Возможности подобного подхода иллюстрируются результатами работ на одном из участков, перспективных на медно-магнетитовые руды. Площадь поисковых исследований локализована по данным геохимических работ, на основании которых выявлена комплексная геохимическая аномалия Cu-Mo-Co-Ag-Zn по вторичным ореолам рассеяния. Аномалия по составу, коэффициентам концентрации рудогенных элементов и т.п. соответствует эталонной, полученной на известном месторождении, расположенном в едином рудном узле. По ретроспективным данным на участке установлены медно-магнетитовые руды с содержаниями Cu 1,0–3,7, Fe 16–47% (мощность рудных интервалов до 0,7 м).

Геофизические работы проводились в такой последовательности. На первом этапе выполнены магнитометрическая съемка м-ба 1:5000 и электроразведочные работы методом ЕП м-ба 1:10 000. По результатам интерпретации магнитного поля выявлены зоны, в различной степени насыщенные магнетитом — от убого вкрапленного до прожилково-вкрапленного. Зоны наиболее интенсивной магнетитовой минерализации представляют собой две субпараллельных полосы северо-западного простирания. По характерным особенностям морфологии магнитного поля установлены разрывные нарушения различной ориентировки. Электроразведочные работы позволили установить интенсивную отрицательную аномалию потенциала естественного поля. Ее экспресс-оценка поисковыми геологическими маршрутами показала наличие в деловии зон сульфидизации и магнетитизации. Последующими работами методом ЕП была оконтурена аномальная зона. На основании этих данных поставлены детализационные магнитометрические работы в целях уточнения структурно-геологических особенностей аномальной области и работы методом вызванной поляризации для исследования природы аномалиеобразующего объекта и его картирования.

Электропрофилирование методом ВП позволило определить две линейные аномалии вызванной поляризуемости интенсивностью до 5% и аномалию изометричной формы в юго-западной части детализационного участка. Линейные аномалии пространственно совпадают с аналогичными по характеру аномалиями магнитного поля и в целом находятся в области высоких электрических сопротивлений, трактуемых как зоны окварцевания различной интенсивности. Одной из аномалий ВП соответствует узкая зона пониженных значений сопротивления, что свидетельствует о существовании скрытого проводящего объекта. Эти данные, а также сопряженность рассматриваемой области с геохимическими ореолами и признаками оруденения, установленными геолого-съёмочными маршрутами, предположительно могут говорить о наличии на рассматриваемой территории медно-магнетитовой рудной зоны. Для изучения ее положения в разрезе выполнены точечные зондирования ВП, по которым оценены масштабы аномалиеобразующего объекта и глубина его залегания. По отдельным профилям выполнена количественная интерпретация магнитного поля методом подбора.

Параллельно с геофизическими исследованиями, по мере получения их предварительных результатов, в пределах перспективной зоны осуществлялись геолого-съёмочные работы и геохимическое опробование по профилям геофизической съемки.

Методика моделирования магнитного поля разработана в рамках научных исследований по гранту РФФИ 11-05-00110.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ, НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОАЛТАЙСКОГО ТИПА

А.А.Головин, В.А.Килипко, И.В.Ведяева, В.Чекунчикова (ИМГРЭ Роснедра Минприроды России), golovin@imgre.ru

GEOCHEMICAL MODELS AS A BASE OF PREDICTION OF MINERALIZED OBJECTS (AS EXEMPLIFIED BY THE RUDNY ALTAI-STYLE DEPOSITS)

A.A.Golovin, V.A.Kilipko, I.V.Vedyaeva, V.Chekunchikova

Прогнозно-поисковые (критериальные) геолого-геохимические модели месторождений создаются в результате детального стереогеохимического изучения геохимических ореолов (далее ореолов) многих конкретных месторождений близкого рудно-формационного типа (фактологических моделей). Такие модели должны отражать оптимальный комплекс характеристических черт и связи с обстановками локализации, что определяет их полифакторность (поливекторность, многослойность).

Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая сопровождаются тесно генетически с ними связанными значительными по размерам ореолами привноса, выноса и переотложения широкого комплекса химических элементов. В плане их длина 900–9000 м, ширина 80–1800 м, вертикальная протяженность >1600 м. По геолого-структурной позиции и морфологическим особенностям они подразделяются на открытые и экранированные, пологозалегающие, крутопадающие и комбинированные. Это определяется различным сочетанием согласных и секущих тектонических структур и наличием или отсутствием литолого-структурных экранов.

Эндогенные геохимические ореолы различных минерально-геохимических типов месторождений обладают сходным составом и единой сложной структурой объемной геохимической зональности, образованной многими составляющими:

концентрической центробежной, обусловленной процессами рециклинга; доминационной, обусловленной соотношением химических элементов в рудообразующих растворах; сепарационной асимметричной, обусловленной имманентными свойствами химических элементов.

Геохимические ореолы, окolorудные измененные вмещающие породы и рудные тела колчеданно-полиметаллических месторождений тесно взаимосвязаны пространственно и генетически. Рудные тела занимают закономерное пространственное положение в зональной структуре ореолов и окolorудно-измененных пород. Они локализованы во внутренних зонах метасоматитов, в геохимических полях комплексного состава с высокоаномальными концентрациями основных рудообразующих элементов.

Модель зональности разноранговых рудных объектов рудноалтайского типа в целом сходна: в поле выноса (отрицательных аномалий) сидерофильных элементов (Cr, Ni, Co, Mn, V) сосредоточены поля концентрации рудогенных халькофильных элементов, имеющие зональное строение. Положительные аномалии халькофильных элементов Pb, Zn, Cu, Ag и Mo (зоны привноса) отделяются обширными фоновыми площадями от локальных отрицательных аномалий группы халькофильных элементов (зон выноса).

Центральные (близрудные) зоны положительных аномалий халькофильного состава сложены максимальным комплексом химических элементов с наиболее высокими для ореолов содержаниями. Фронтальные зоны сложены преимущественно Pb, Ag, Zn, As, Ba, а тыловые — Cu, Mo, Co, Sn, иногда Zn.

Исследованиями полифакторных критериальных моделей ореолов колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая установлено, что высокоресурсные месторождения, их поля и узлы могут быть выявлены по следующим характеристикам (критериям прогнозирования и поисков) генетически связанных с ними аномальных геохимических полей:

аномальная геохимическая площадь равна или больше площади эталона: потенциальный рудный узел — $n \cdot 100 \text{ км}^2$; потенциальное рудное поле — $n \cdot 10 \text{ км}^2$; ореол потенциального месторождения — $n \text{ км}^2$; морфология ореола, его связь (контролируемость) с определенными геолого-структурными условиями; устойчивость (сплошность) аномальной геохимической площади (по величине коэффициента минерализации K_m ;

высокая или средняя комплексность состава (наличие основных рудообразующих химических элементов и элементов-спутников);

типохимичность ассоциации химических элементов в ореоле, характерная для определенного подтипа колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая;

высокая или средняя интенсивность ореола, которая определяется как аддитивный или мультипликативный показатель на основе нормированных или абсолютных содержаний элементов-индикаторов или иным путем (функции Scan и др.);

высокий или средний коэффициент вариации V , %;

значимые корреляционные связи (положительные и отрицательные) между разными ассоциациями химических элементов в ореоле;

выявленная зональная структура ореола;

благоприятный уровень эрозионного среза (надрудный — среднерудный уровень эродированности рудовмещающих структур);

средняя или высокая величина прогнозных ресурсов.

Степень перспективности оцениваемого ореола уточняется с использованием комплекса геологических, геофизических предпосылок и ДДЗ.

Геохимические модели могут быть положены в основу создания геохимической основы прогнозирования месторождений рудноалтайского типа. Они позволяют выявить многомерную (полиэлементную) структуру геохимического поля большой территории: по критериям, имеющим численное выражение, оконтурить комплексные аномальные рудогенные геохимические поля привноса халькофильных элементов, оценить их ресурсный потенциал, а также выделить площади переотложения и выноса сидерофильных и халькофильных химических элементов.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АЛМАЗОВ РОССИИ Ю.К.Голубев, В.И.Ваганов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), diamond@tsnigri.ru

CURRENT ISSUES OF THE RUSSIAN DIAMOND MINERAL BASE

Yu.K.Golubev, V.I.Vaganov

Один из основных факторов, уже сейчас определяющих тенденции развития минерально-сырьевой базы (МСБ) алмазов мира, — неуклонное вытеснение из промышленности природных технических алмазов высококачественными синтетическими. Цена таких алмазов существенно ниже, чем аналогичных природных, что неизбежно приведет к постепенному падению добычи природных технических алмазов и в конечном счете к полному прекращению их извлечения. Таким образом, в перспективе следует ожидать почти двукратное падение добычи алмазов в физическом выражении, в стоимостном же выражении объем оборота мирового алмазного рынка останется стабильным и будет плавно возрастать, в основном в соответствии с темпами роста инфляции. В связи с этим для определения тенденций развития МСБ алмазов решающим становится наличие или перспективы открытия месторождений с ювелирными дорогостоящими алмазами.

Средний срок обеспеченности действующих горнодобывающих предприятий РФ запасами составляет около 18 лет. При этом происходит постепенный переход на подземную добычу, что резко увеличивает себестоимость сырья. Анализ динамики изменения структуры запасов РФ по степени их разведанности (соотношение запасов категории $B+C_1/C_2$) показывает, что в целом ситуация близка к критической. Обусловлено это тем, что новые месторождения открываются крайне редко — одно открытие за 10–15 лет. Последнее заметное открытие — это трубки и россыпи Накынского поля. В настоящее время новые месторождения не разведываются, поэтому заметного прироста запасов категории $B+C_1$ в ближайшие 10 лет не ожидается и, исходя из достаточно стабильных показателей добычи на уровне 38–40 млн. карат в год, снижение суммарных учтенных запасов продолжится.

Экспертный анализ прогноза добычи показывает, что с 2010 г. прирост активных запасов перестанет компенсировать их погашение, и алмазодобывающие предприятия войдут в режим падающей добычи. Чтобы переломить эту тенденцию, необходимо на территории Якутии открыть новое (новые) коренное месторождение с достаточно высокой стоимостью алмазов и прогнозными ресурсами категории P_1 не менее 380 млн. карат. Пока реальные перспективы быстрого обнаружения такого нового крупного коренного месторождения весьма проблематичны.

Потенциал алмазоносности территории России весьма высок. По состоянию на 01.01.2008 г. прогнозные ресурсы категории P_3 сопоставимы с таковыми для всего остального мира. При этом ресурсы категорий P_1 и P_2 сконцентрированы преимущественно в регионах с уже известными месторождениями. Ресурсы категорий P_1 и P_2 составляют всего 16% суммарных; они выявлены в основном в Якутии и Архангельской области. Дефицит ресурсов категории P_2 вызывает существенную озабоченность, так как именно с этой категорией связан конкретный прирост запасов алмазов.

Важнейшей особенностью коренных месторождений алмазов является значительная асимметрия распределения кристаллов по соотношению параметров «количество–масса–стоимость». В большинстве месторождений наиболее ценные ювелирные разновидности алмазов по числу кристаллов составляют 5–15, по массе — 40–70, по стоимости — 98%. Соответственно, средняя стоимость алмазов коренных месторождений («годовой срез добычи») варьирует от 10 до 400 дол. США/кар. (в России от 33 до 85 дол. США/кар.).

Таким образом, очевидно, что классификация алмазных месторождений в современных условиях недропользования должна быть направлена, прежде всего, на выделение месторождений, уникальных не только по геологическим параметрам, но и в экономическом отношении. С учетом этого важнейшим направлением представляется реальная геолого-экономическая переоценка состояния МСБ алмазов России в современных мировых экономических условиях, т.е. оценка запасов не только в каратах, но и в стоимостном выражении.

НОВАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ОНЕЖСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ НА МЕДНО-НИКЕЛЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.И.Голубев, В.И.Иващенко (ИГ КарНЦ РАН), golubev@krc.karelia.ru

A NEW MODEL OF THE DEEP LEVEL ANATOMY OF THE ONEGA ORE CLUSTER AND FUTURE VIEWS FOR CU-NI MINERALIZATION DISCOVERIES

A.I.Golubev, V.I.Ivashchenko

Онежская впадина формируется как замкнутый континентальный бассейн в связи с процессами активизации сумийского проторифта за счет разрушения его фрагмента — Водлозерско-Сегозерского сводового поднятия. На ее восточном борту разрез начинается с туломозерской свиты, в основании которой установлен гипсовый горизонт мощностью 11,3 м. Наличие в наиболее прогнутой части впадины мощной толщи эвапоритов галоген-карбонат-сульфатного состава подтверждено в 2009 г. бурением параметрической скважины. Эвапоритовая толща является потенциально рудовмещающей и по мощности (800 м) сопоставима с таковой для Норильского рудного района. Разрез Онежской впадины по набору формаций также сопоставим с разрезом Южно-Норильского рудного узла. Углисто-терригенным отложениям карбона и перми, насыщенным лавами и силлами толеитовых базальтов и долеритов, соответствует пикритосодержащая вулканогенно-осадочная толща верхней подсвиты заонежской свиты. Положение и той и другой определяется «бронированным» (траппами) экраном и геохимическим барьером над рудовмещающей толщей галоген-сульфат-карбонатных эвапоритов, плавно переходящих в углеродсодержащие алевриты и доломиты нижнего заонежья. Трапповый магматизм Норильского района подразделяется на три серии: субщелочную, щелочно-известковую и собственно толеитовую — известково-щелочную. Аналогичный сериально-формационный набор и в Онежской впадине, которая по общему ходу развития геологических событий и проявленным вулканическим циклам также сопоставима с Норильской провинцией.

Для Заонежского цикла характерны недосыщенные оливиновые толеиты с нормативным гиперстеном и оливином, для Суйсарского — пикритовые лавы и дифференцированные силлы перидотитов (1975±24 млн. лет). Дифференцированный Тернаволоцкий силл по составу близок к норильской группе рудоносных интрузивов, а часть перидотитовых силлов сопоставима с габбро-верлитовой формацией Печенги.

Отличительной особенностью Онежской впадины от других аналогичных структур Карелии является ее уникальная насыщенность восстановленным углеродом, образующим пласты шунгитов, сопоставимые по мощности и масштабу с пластами угля в молодых континентальных прогибах. Кроме того, в ее бортах присутствуют рудоносные интрузивы с Fe-Ti-V и благороднометальной специализацией. Они сформированы расплавами, прошедшими внутрикоровую дифференциацию, обогащенными минералами платиновой группы и Au в сумме 109 мг/т, Cu 500 г/т и истощенными по Ni и Cr. В гигабиссальной камере расплав контрастно дифференцирован с образованием рудного титаномagnetитового горизонта (Fe-Ti-V руда) мощностью 15–20 м, с которым совмещено благороднометальное оруденение малосульфидного типа со средним содержанием Au 705 мг/т (Пудожгорский интрузив). Эти рудоносные интрузии отнесены к Пудожгорскому комплексу и представлены тремя силлами: в западном борту Койкарско-Святоволоцким, в восточном Пудожгорским и Габневским общей протяженностью ~50 км. Возраст интрузий Пудожгорского комплекса 1983–1984 млн. лет сопоставим с возрастом никеленосных интрузивов Печенги 1982–1988 млн. лет.

Таким образом, в Онежской впадине имеется комплекс базальтов и долеритов трапповой магматической формации, сформированный расплавами, быстро достигшими поверхности, и пудожгорский комплекс, образованный, вероятно, более глубинными выплавками, испытывавшими во время подъема приостановку и глубинную дифференциацию. В Норильском рудном районе ситуация аналогичная. Вследствие небольшого эрозионного среза Онежской структуры (по сравнению с Печенгской впадиной) прогнозируемые здесь потенциально рудоносные дифференциаты габбро-верлитовой формации не обнажены. Наиболее перспективной площадью является восточный борт Онежской впадины, где по геофизическим данным мощность протерозойских отложений 0,5–1 км, что позволяет предполагать наличие флексурного перегиба — наиболее вероятного места локализации рудоносных Cu-Ni интрузий в эвапоритовой формации (туломозерская свита).

СПЕЦИФИКА ПРОВЕДЕНИЯ ШЛИХОМИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПОИСКОВ АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЛАНДШАФТНЫХ ОБСТАНОВКАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Ю.К.Голубев, Д.А.Котов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), diamond@tsnigri.ru

SPECIAL FEATURES OF THE HEAVY MINERAL CONCENTRATES-BASED DIAMOND EXPLORATION IN THE SOUTH-EAST KOLA PENINSULA LANDSCAPES

Yu.K.Golubev, D.A.Kotov

Пялицкая площадь расположена в Мурманской области на юго-восточном замыкании Кольского полуострова на юго-восточном склоне Балтийского щита. По комплексу геолого-геофизических данных она рассматривается как перспективная на обнаружение месторождений алмазов. Кимберлитовмещающие породы кристаллического щита перекрыты здесь сложно построенным комплексом четвертичных (ледниковых) осадков. Шлихоминералогические поиски не привели к обнаружению ореолов рассеяния минералов-индикаторов кимберлитов. Исключение составили находки пиропов, обломков мелилититов, фойдитов, щелочных пикритов, сделанные Центральной Кольской экспедицией в 80-х годах в аллювии рек вблизи побережья горла Белого моря.

В пределах кристаллических щитов, перекрытых ледниковыми отложениями, одним из наиболее эффективных методов поисков алмазных месторождений является шлихоминералогический с опробованием непосредственно ледниковых отложений. Учет особенностей формирования различных типов ореолов рассеяния в генетически разнородных ледниковых осадках повышает эффективность шлихоминералогических поисков.

В пределах Пялицкой площади рекогносцировочными геолого-геоморфологическими маршрутами в 2010 г. установлено, что существующие карты четвертичных отложений не достоверны. Выделены следующие типы ледниковых отложений: основные и конечные морены; водно-ледниковые отложения (долинные и покровные зандры); осадки долин спуска талых ледниковых вод и осадки временных ледниковых бассейнов. Отложения выделенных типов различаются по гранулометрическому составу, текстурным особенностям и геоморфологическому положению. Опыт проведения шлихоминералогических поисков в схожих поисковых обстановках позволяет предполагать возможность обнаружения ореолов рассеяния минералов-индикаторов кимберлитов следующих типов:

в участках монолитной морены — ореолов рассеяния ближнего сноса. По опыту шлихоминералогических поисков на Северо-Западных территориях Канады, в Финляндии, на Войницкой, Тулосской и Петрозаводской площадях Карелии здесь целесообразен профильный через 3 км пробпоиск с расстоянием между пробами 500 м;

в участках конечных морен — ореолов рассеяния дальнего сноса или потерявших связь с источником. Здесь планируется опробование по водотокам, дренирующим конечно-моренные гряды;

в участках долинных зандров — ореолов рассеяния дальнего сноса или потерявших связь с источником. Опробование целесообразно проводить совместно как в профильном варианте, так и по водотокам, размывающим данные отложения. Расстояние между пробами по долинам стока талых ледниковых вод, которые наследуются современными водотоками, составит 500 м;

в участках покровных зандров и озерно-ледниковых бассейнов обычно не характерно формирование ореолов рассеяния минералов-индикаторов. Шлихоминералогическое опробование данных территорий не целесообразно.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ В ПРЕДЕЛАХ ЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ МИНЕРАЛОВ-ИНДИКАТОРОВ КИМБЕРЛИТОВ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗИМНЕГО БЕРЕГА

Ю.К.Голубев, Т.Е.Щербакова, Т.И.Колесникова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), diamond@tsnigri.ru

PREDICTING KIMBERLITE BODIES IN BLANKETED AREAS USING MODEL DISPERSION HALOS OF INDICATOR MINERALS IN PALEOZOIC TERRIGENOUS SEQUENCES OF ZIMNY BEREG

Yu.K.Golubev, T.E.Shcherbakova, T.I.Kolesnikova

Поиски алмазонасных кимберлитовых трубок на объекте Зимний Берег осложняются перекрывающими палеозойскими терригенно-карбонатными и четвертичными ледниковыми отложениями мощностью от 20 до 200 м. Подобные территории относятся к так называемым закрытым. Шлихоминералогический метод поисков в традиционном варианте с опробованием современного аллювия недостаточно эффективен. Основные алмазонасные тела здесь были открыты путем заверки магнитных аномалий трубчатого типа. За время работ заверены сотни магнитных аномалий. В настоящее время возможность открытия новых месторождений связывается со слабоконтрастными в геофизических полях аномалиями. В данной ситуации шлиховое опробование отложений первого промежуточного коллектора при проведении буровых работ позволяет надежно выявлять слабомагнитные кимберлитовые тела.

В ходе работ по базовому проекту «Роснедра» на Кепинской площади Зимнего Берега нами установлены ореолы рассеяния ближнего сноса минералов-индикаторов кимберлитов (МИК), приуроченные к трем уровням палеозойских терригенных отложений, и их параметры:

верхнедевонские вулканогенно-осадочные отложения (кратерные фации первой фазы внедрения кимберлитовых тел и закратерные выбросы, выполняющие палеодепрессии докаменноугольного рельефа), представленные преимущественно табачно-зелеными, красновато-коричневыми глинистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами с обломками брекчированных вмещающих пород в краевых частях кратеров, прослоями пестроцветных туфов, туффитов, туфопесчаников. Размеры ореолов рассеяния МИК ограничиваются площадью развития данных отложений и не превышают сотен метров по латерали и вертикали;

нижнекаменноугольные континентальные отложения делювиальных, делювиально-аллювиальных фаций, представленные интенсивно ожелезненными, красновато-коричневыми мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с прослоями (0,1–0,3 м) гравелитов и конгломератов (в основании) и пестроцветными алевролитами и аргиллитами (в кровле);

среднекаменноугольные терригенные отложения зоны открытого шельфа урзугской свиты, представленные переслаиванием песчаников и алевролитов, образованных в мелководной зоне с интенсивным сносом терригенного материала и накоплением его в неровностях древнего рельефа, перекрывающие кимберлитовые тела Кепинской площади. Размеры ореолов рассеяния МИК не превышают 1 км по латерали и прослеживаются до 5 м над телами;

среднекаменноугольные терригенные отложения урзугской свиты прибрежной зоны песчаного пляжа мелкого моря, русловых промоин, литоральной зоны в условиях смены континентальных и морских обстановок (зона береговой линии) на Золотицкой площади. Размеры ореолов рассеяния МИК прослеживаются до 2 км по латерали и до 5 м вверх от подошвы слоя над телами.

Зерна МИК из ореолов рассеяния ближнего сноса характеризуются полиминеральным составом, широким гранулометрическим спектром, отсутствием или слабым механическим износом, наличием поверхности коррозионно-гидротермального типа или гипергенного растворения.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ АЛМАЗОНОСНОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ: ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Ю.Ю.Голубева (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), diamond@tsnigri.ru

PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASPECTS OF THE DIAMOND POTENTIAL OF THE NE SAKHA-YAKUTIA KIMBERLITES

Yu.Yu.Golubeva

К северо-восточным кимберлитовым полям Якутии относятся убогоалмазные и неалмазные поля, расположенные в северной части Алаakit-Оленекской минерагенической зоны северо-восточного простирания: палеозойские Чомурдахское, Огонер-Юряхское, Западно- и Восточно-Укуитские, Мэрчимденское, Толуопское, мезозойские Верхне-Молодинское, Куойское и Хорбусуонское. Алаakit-Оленекская зона при ширине 60–70 км имеет протяженность >600 км (Ваганов, 2000) и пересекает разновозрастные тектонические геоблоки Восточно-Сибирской платформы (Розен и др., 2006). В южной части зоны расположены палеозойские кимберлитовые поля с промышленно алмазными диатремами (Далдынское, Алаakit-Мархинское и Верхне-Мунское), что позволяет провести сравнительный анализ петрогеохимических характеристик полей южной и северной части зоны и выявить взаимосвязь между составом кимберлитов и их положением в структуре платформы.

Из коллекции И.П.Илупина (ЦНИГРИ) нами отобраны представительные образцы кимберлитов из южных алмазных (114 образцов) и северо-восточных неалмазных и убогоалмазных (96 образцов) полей. Для всех образцов получены содержания главных и редких элементов (методы XRF, ICP-MS). В результате сравнительного анализа геохимических характеристик кимберлитов Алаakit-Оленекской зоны сделаны следующие выводы, касающиеся их неоднородности и возможной потенциальной алмазности.

Геохимический состав кимберлитов в пределах Алаakit-Оленекской зоны крайне неоднороден и зависит от их положения в пределах разновозрастных тектонических геоблоков. Наиболее обогащены редкими элементами кимберлиты в пределах и на прилегающей территории Хапчанского складчатого пояса (Чомурдахское, Огонер-Юряхское, Западно- и Восточно-Укуитские поля), умеренные содержания главных и редких элементов, а также гораздо меньший разброс их концентраций характерны для Алаakit-Мархинского, Далдынского и Верхне-Мунского полей в архейском Анабарском геоблоке. Обогащенные в разной степени кимберлиты характерны для протерозойского Биректинского террейна Оленекского геоблока (Мэрчимденское, Куойское, Верхне-Молодинское, Куойское, Хорбусуонское поля). При этом наименее обогащены редкими элементами мезозойские кимберлиты в пределах и в обрамлении Оленекского поднятия (Куойское, Верхне-Молодинское, Хорбусуонское поля). Для них установлено также снижение содержания MgO , Cr , Ni , что может быть связано с модификацией литосферной мантии в процессе среднепалеозойского рифтогенеза и мезозойского плюмового магматизма.

Практически для всех алмазных кимберлитов (за редким исключением) характерны пониженные содержания TiO_2 (0,3–2,5 мас. %), HREE (1–2,2 г/т), Ga , P_2O_5 , повышенные — MgO , Ni , Cr . При этом кимберлиты северо-восточной части обогащены в большей степени Ga , чем кимберлиты южной. По И.П.Илупину (1974), увеличение содержания Ga обусловлено повышением степени метасоматоза источников кимберлитов или переходом от гранатовых перидотитов к эклогитам. При этом для алмазных трубок северо-восточной части в большей степени характерны пониженные содержания Ga , что свидетельствует о зависимости алмазности от состава источников кимберлитов.

Широкий разброс содержания редких элементов в кимберлитах северо-восточной части Алаakit-Оленекской зоны Якутии, а также черты сходства с палеозойскими алмазными кимберлитами позволяют предположить, что подстилающая протерозойский Оленекский геоблок литосферная мантия крайне неоднородно метасоматизирована и может быть источником алмазов северо-восточных кимберлитов Якутии.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ УДОКАН-ЧИНЕЙСКОГО РУДНОГО РАЙОНА, ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ

Б.И.Гонгальский (ИГЕМ РАН), kggt-61@ya.ru

POTENTIAL RESOURCES OF THE UDOKAN-CHINEI ORE CLUSTER, TRANSBAIKALIA B.I.Gongal'sky

Медистые песчаники и сланцы, медно-никелевые магматические месторождения трассируют западную и южную границы Сибирской платформы. Особое место занимают палеопротерозойские месторождения Удокан-Чинейского рудного района, запасы и ресурсы которых оцениваются в 40 млн. т. Из них на Удоканском месторождении 20 млн. т, на других объектах в осадочных породах 12 млн. т, в магматических Чинейского массива 8 млн. т. Ресурсный потенциал объектов может быть увеличен за счет рудопроявлений Луктурского и Майлавского массивов чинейского комплекса. Первый перекрыт неоген-четвертичными отложениями, второй — позднепалеозойскими гранитоидами ингамакитского комплекса и неоген-четвертичными базальтами Удоканского лавового плато. Редкие выходы габброидов по периферии и в глубоких врезках рек Лурбунского массива гранитоидов, относимых предшественниками к первой фазе ингамакитского комплекса, нами на основании изучения распределений элементов-примесей, сульфидной минерализации в них сопоставляются с месторождениями Чинейского массива. Характер геофизических полей свидетельствует о более крупном, чем Чинейский, массиве, в котором присутствуют ультраосновные породы.

Другой не востребованный резерв определяется месторождениями (Правоингамакитское, Сакинское, Ункур, Красное, Бурпала), которые, как и Удоканское, залегают среди осадочных пород удоканского комплекса, но существенно отличаются уровнями концентраций сопутствующих элементов, в первую очередь Au и Ag. Правоингамакитское месторождение изучалось геологами Удоканской экспедиции поверхностными горными выработками и буровыми скважинами в 1968–1972 и 1988–1992 гг. Установлены высокие концентрации Ag (первые десятки грамм на 1 т), преобладающий пирит-халькопиритовый состав руд, однако в 1992 г. работы были свернуты.

Нами среди руд Правоингамакитского месторождения выявлены пирит-халькопиритовые руды с повышенными концентрациями Ag (до 370 г/т в штуфах) и Ni, Co, Pd (Б.И.Гонгальский и др., 2008). Близкий минеральный состав руд с экзоконтактовыми рудами месторождений Чинейского массива, состав газовой-жидких включений указывают на гидротермальный генезис руд этого объекта. Преобладание секущих прожилковых пирит-халькопиритовых руд на Ункурском месторождении в экзоконтакте Луктурского массива также отличает данные руды от эталонного Удоканского месторождения.

Кроме отмечавшихся всеми исследователями секущих кварц-карбонатных жил с сульфидами, в верхней части продуктивной толщи Удоканского месторождения нами установлены субсогласные с напластованием и секущие жилы сложного строения, часто брекчированные. В центральных частях прожилков нередко наблюдаются обломки вмещающих пород, жильного кварца, которые цементируются крупнокристаллическим борнитом и халькозином.

Наблюдаемые типы месторождений в одном районе — магматические расслоенных массивов (эндо- и экзоконтактовые руды), разноудаленные от контактов гидротермальные, близкие по своим характеристикам к экзоконтактовым рудам расслоенных массивов, и осадочные медистых песчаников с участием гидротермальных процессов в рудоотложении — позволяют рассматривать их в рамках единой рудно-магматической системы (Б.И.Гонгальский, 2010). Уникальность Удокан-Чинейского района обусловлена значительными вертикальными перемещениями блоков земной коры. На поверхность выведены блоки с медными месторождениями магматического, гидротермального и осадочного происхождения.

В заключение отметим, что палеопротерозойские медные месторождения в магматических и осадочных породах Удокан-Чинейского района формировались синхронно с медно-никелевыми месторождениями Канады, а также Австралии и других континентов в пределах суперконтинента Колумбии.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ КАОЛИНЫ В ВОСТОЧНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Б.Ф.Горбачев, Г.П.Васянов (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России),

Л.Н.Кваснюк, Ю.В.Чечулина, Н.Т.Шмельков (ОАО «Компания вотемиро»),

root@geolnerud.net

EXPLORATION FOR ELUVIAL KAOLINE CLAY IN THE EAST TRANSURALSIA: METHODS AND RESULTS

B.F.Gorbachev, G.P.Vasyanov, L.N.Kvasnyuk, Yu.V.Chechulina, N.T.Shmel'kov

Восточная часть Орского Зауралья (Адамовский, Домбаровский, Светлинский и Ясенский районы Оренбургской области) имеют рельеф, включающий фрагменты мезозойского (мелового) пенеплена. Кора выветривания полного профиля сохраняется преимущественно на вершинах пологих возвышенностей или в зонах тектонической нарушенности в пределах обширной площади, рассматриваемой как Мугоджарская каолиноносная субпровинция. В итоге целенаправленного изучения, проводившегося с 1996 г. силами ОАО «Компания вотемиро» при участии и научно-методическом обеспечении со стороны ЦНИИгеолнеруд, в пределах субпровинции выделено шесть каолиноносных районов. Их продуктивность подтверждена выявлением ряда проявлений и месторождений элювиального каолина, в том числе предварительно разведанных Южно-Ушкотинского и Ковыльного, запасы которых, утвержденные ГКЗ Роснедра, составляют ~5,5 млн. т (кат. С₁) и 69,6 млн. т (кат. С₂). Опыт работ свидетельствует о том, что оценка перспектив каолиноносности коры выветривания наиболее эффективна при учете совокупного влияния региональных и локальных факторов, контролирующих как формирование, так и сохранность залежей каолина. На перспективность проведения поисков указывает следующее:

наличие практически сплошного элювиального покрова на площади не менее 0,5 км² при мощности коры выветривания не менее 15–20 м;

присутствие в профиле коры выветривания зоны белоцветных и светлоокрашенных каолинов мощностью не менее 2 м хотя бы в третьей части пройденных горных выработок;

преимущественное участие среди выветрелых материнских пород лейкократовых гранитоидов, гранитоидов, мигматитов;

умеренная суммарная мощность отложений перекрывающих каолинов (не более 10–12 м);

гипсометрический контроль — наибольшая сохранность каолина на возвышениях рельефа.

Рациональная методика поисков в условиях Орского Зауралья, учитывающая результаты предшествующих геологических и геофизических наблюдений, заключается в первоначальном маршрутном обследовании площади работ для исключения участков отсутствия или незначительной мощности коры выветривания. Затем в границах распространения светлоокрашенного элювия для оперативного выделения участков с корой выветривания мощностью не менее 10 м проводятся легкие буровые работы (установкой с гидроподачей керна) по сети (1600–800)×800 м. Материалы опробования этих скважин можно использовать для оценки ресурсов каолина. При получении положительных результатов выполняется колонковое бурение по сети 400×(200–400) м с отбором опорного массива проб. Апробированные прогнозные ресурсы каолина в Оренбургском Зауралье оценены в ~600 млн. т. С учетом выявленных запасов и оценки прогнозных ресурсов на востоке Оренбургской области имеются предпосылки для формирования крупного горно-промышленного комплекса по добыче, обогащению и разнообразному промышленному использованию каолиновых продуктов. Целесообразность этого очевидна, поскольку потребности отечественных потребителей в каолиновых продуктах удовлетворяются лишь на треть продукцией трех функционирующих в РФ (Челябинская область) горно-обогатительных комбинатов. Остальные две трети возмещаются за счет импорта, что с точки зрения обеспечения сырьевой независимости не может не вызывать беспокойства.

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ

П.М.Горяинов, А.О.Калашников, Г.Ю.Иванюк (ГИ КНЦ РАН), pgor@geoksc.apatity.ru

THE SELF-ORGANIZATION THEORY-BASED PREDICTION AND EXPLORATION: POSSIBILITIES FOR DEVELOPMENT

P.M.Goryainov, A.O.Kalashnikov, G.Yu.Ivanyuk

В основе предлагаемой технологии лежит представление о том, что наиболее перспективные участки (независимо от типа рудного полезного ископаемого) — это и наиболее упорядоченные, дифференцированные и сложные литосферные ансамбли [1, 5]. Иными словами, в них относительно прочих территорий наблюдается наивысшая согласованность поведения (когерентность) различных параметров. Причем параметры могут быть самой разной природы, характеризующие как структурный узор, так и вещественный состав (например, контуры геохимических и геофизических полей, рельеф и др.). Разработан ряд методик, с помощью которых можно количественно оценить степень этой упорядоченности:

метод многомерных фазовых траекторий [2] базируется на изучении взаимной согласованности (когерентности) поведения концентраций химических элементов в пространстве;

анализ степени дифференцированности геологических объектов основывается на изучении разнообразия, изменчивости различных переменных — геологических, петрографических [4], геохимических [3] и др.;

фрактальный анализ распределения в пространстве различных переменных — форм рельефа, сети линейных элементов, фототона аэрокосмоснимков, рисунка речной сети, концентраций химических элементов, геофизических полей.

Применение данных методов на Кольском полуострове, в Забайкалье, на Воронежском кристаллическом массиве, в Приморье для разных масштабов прогноза и поисков различных типов эндогенных полезных ископаемых продемонстрировало хорошую сходимость с местонахождением уже известных рудных объектов. Это позволило выделить перспективные участки, а в ряде случаев — непосредственно выявить ранее неизвестную рудную минерализацию.

Ограничение разрабатываемой технологии состоит в том, что с ее помощью нельзя напрямую посчитать ресурсы (запасы) конкретного сырья, а также указать вероятные перспективные виды сырья, кроме профильного. Возможно выявление участков, на которых экономически эффективны более детальные исследования. Предварительные исследования позволили предположить, что ревизия уже имеющихся геолого-геофизических материалов без существенных материальных затрат может повысить эффективность прогнозно-поисковых работ не менее чем в полтора раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. — М.: ГЕОС, 2001.
2. Калашников А.О., Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. Метод многомерных фазовых траекторий для поисков месторождений полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 2009. № 1. С. 22–27.
3. Калашников А.О. Степень дифференцированности геохимического поля как поисковый признак // Разведка и охрана недр. 2008. № 3. С. 34–40.
4. Николаев А.П., Горяинов П.М. Квазипериодические явления в метаморфических породах как отражение их упорядоченности строения (на примере железорудных ассоциаций Кольского полуострова) // Геология и геофизика. 1990. № 11. С. 86–93.
5. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых / Г.Ю.Иванюк, П.М.Горяинов, Я.А.Пахомовский и др. — М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА ДЖЕЛГАЛА, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

В.О.Гребенщиков (Пермский государственный университет), vladimir.geo@mail.ru

PREDICTED AND EXPLORED VS. MINED PLACER GOLD: THE DZHELGALA CASE HISTORY, MAGADAN OBLAST

V.O.Grebenshchikov

Сопоставление данных разведочных и эксплуатационных работ по россыпному месторождению золота Джелгала проводилось для определения причин и масштабов расхождения запасов, а также обоснования оптимальной плотности разведочной сети.

В процессе работ установлена зависимость расхождения запасов и значений геологоразведочных параметров от гидродинамических условий формирования россыпи.

На основе результатов сопоставления предложена оптимизация плотности разведочной сети.

Сопоставление результатов осуществлено в соответствии с Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки твердых полезных ископаемых. Представительность данных, как разведки, так и эксплуатации, определена на достаточном уровне за пятилетний период разработки. Добытые запасы превысили 450 кг Au, объем переработанной горной массы — 4 млн. м³. Протяженность месторождения в промышленном контуре составляет 7,25 км. Долина водотока имеет *U*- и *V*-образный поперечный профиль на различных участках сопоставления данных. Более 60% площади участка сопоставления выработано. Достоверность данных соответствует современному уровню развития применяемых методов исследования россыпей и технологии переработки горной породы.

Методика сопоставления включает сравнительный и статистический анализы. В рамках первого сопоставлены разведочные и эксплуатационные данные по следующим параметрам: мощности непродуктивного и продуктивного пластов, объемы «торфов» и «песков», содержание Au в «песках», запасы металла. В рамках второго — расчет следующих статистик: дисперсия несмещенная, стандарт несмещенный, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс и коэффициенты парной корреляции. Установлены двух-, трех-мерные корреляционные связи.

В итоге сделаны следующие выводы:

исследуемая россыпь делится на два участка: первый со значительным неподтверждением запасов и геологоразведочных параметров соответствует широкой долине с *U*-образным профилем; второй с подтвержденными запасами по ключевым показателям (запасы и содержание Au) — области сужения долины реки с *V*-образным сечением;

повсеместное неподтверждение мощности продуктивного пласта (0,4–0,5 м по разведочным данным и до 2,5 м по результатам разработки) связано со значительным разубоживанием «песков», приведшим к неподтверждению содержания Au более чем в 7 раз (2,42 г/м³ по разведке, 0,33 г/м³ по разработке). При этом запасы были подтверждены только на участке россыпи с *V*-образным строением долины;

применяемая на месторождении разведочная сеть, сгущенная на участках сужения и разреженная в 2 раза в пределах широкого поперечного профиля, не позволяет достоверно установить запасы в целом по месторождению и определить геологоразведочные параметры. Предлагается снизить детальность сети на участке *V*-образного профиля и повысить на участке с *U*-образным строением долины.

В дальнейшем планируется обосновать недостаточность сети наблюдения при разведке россыпного месторождения Джелгала и предложить более эффективный вариант.

КОРЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОЛЫМЕ

С.А.Григоров (УК «Полюсгеологоразведка»), grigorovrim@mail.ru

BEDROCK SOURCES OF GOLD PLACERS IN THE CENTRAL KOLYMA REGION

S.A.Grigorov

Проблема поисков адекватных коренных источников уникальных колымских россыпей золота занимала умы нескольких поколений практиков и ученых. Так, многочисленные попытки найти коренные источники Чай-Юрьинской 300-тонной россыпи золота в долине и на бортах одноименной реки (канавы, расчистки, колонковое бурение и подземные горные выработки) привели к открытию только двух мелких месторождений с запасами не более первых тонн Au на относительно большой глубине.

В настоящее время решение проблемы найдено. Причины неудач предшественников заключаются в отсутствии системного минерагенического районирования, неверной оценке структурной позиции рудного поля и слагающих его месторождений, применении системы геологического опробования и пробоподготовки без учета крупности золота.

Рудообразующая система представлена топологическим рядом: Сусуман-Тенькинский рудный район – Нижне-Берелехский рудный узел – Чай-Юрьинское рудное поле – серия месторождений. Каждый из таксонов топологического ряда рудообразующей системы имеет структурно-геохимические критерии локализации в геологическом пространстве, что позволяет оптимизировать поиски на отдельной иерархической ступени (Золоторудные месторождения России / Под ред. М.М.Константинова. – М.: Акварель, 2010). Рудный район и рудный узел адекватно отражены в структуре геохимического поля по потокам рассеяния. Установлено, что потоки рассеяния не формируются за счет дезинтеграции золото-кварцевых месторождений и не имеют с ними прямой пространственной связи. *Это обстоятельство объясняет низкую эффективность региональных поисковых работ, с одной стороны, и наличие огромного скрытого потенциала подобных территорий на коренное оруденение, с другой.*

Рудный узел, рудное поле и месторождения расположены в надынтрузивной области неглубокого заложения, в кровле системы магматических тел, которые являются источниками рудообразующей энергии. Близость к энергетическим центрам рудообразующей системы обусловила высокотемпературный процесс и высокую дифференциацию минерального вещества. По этой причине золотое оруденение представлено преимущественно золото-кварцевой формацией. Основным структурно-вещественным типом золоторудных тел являются субгоризонтальные изометричные тела кварцевых метасоматитов, сформированных в пологой пластине, обрамляющей магматические ядра материнской рудно-магматической системы. Рудный узел и рудное поле отражены в аномальной структуре геохимического поля по вторичным ореолам рассеяния. Месторождения отражены локальными аномальными структурами в первичном геохимическом поле. На участке детальных поисков обнаружены шесть структурно-геохимических аномалий площадью от 0,2 до 0,4 км². Их суммарная площадь составляет около 2 км². Буровая заверка фрагмента одной из них (размером 130×200 м) густой сетью мелкометражных буровых скважин (10×10×10 м) привела к открытию промышленного рудного тела, не оконтуренного в плане и на глубину. В объеме рудного тела золото имеет очень выдержанное распределение. Среднее содержание Au 1,5 г/т при разбросе от 0,6 до 11,3 г/т. Визуализируемые геологические границы отсутствуют. При бортовом содержании Au 0,6 г/т рудное тело на поверхности имеет форму тора (площадь 6600 м²), а на глубине 10 м (площадь 10 100 м²) представлено изометричной композицией блоков, разделенных блокирующими нарушениями сплошности преимущественно по меридиональным и северо-восточным направлениям. Рудное тело в плане не оконтурено. Прогнозные ресурсы Au на 50% перспективной территории до глубины 50 м составляют ~160 т, что вполне коррелируется с продуктивностью Чай-Юрьинской россыпи на оцененном отрезке долины. Вертикальный размах оруденения ориентировочно оценивается в 200 м, эрозионный срез составляет не менее половины.

Геологическое опробование выполнено путем отбора керно-шламовых проб (при сухом бурении, исключая потерю) массой 89 кг (132 мм) и 55 кг (112 мм) с каждого метра проходки. После дробления до 0,1 мм из проб отобраны аналитические навески массой 10–12 кг. Из аналитической навески предварительно извлечено крупное золото на концентрате ЦВК-100 с последующей плавкой всей массы концентрата. Из хвостов отобраны и проанализированы стандартные навески массой 25 г. Объединенный результат анализа рассчитан по пропорциональной формуле.

Итак, коренная золотоносность на Центральной Колыме имеет адекватную продуктивность, не реализованный потенциал которой составляет $n \cdot 1000$ т. Поисковые модели, основанные на *линейных* принципах, не соответствуют *нелинейной* природе рудообразующей системы, что не обеспечивает адекватной оценки искоемых объектов.

ТИПЫ ИЛЬМЕНИТОВ И ФАЦИАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ МАНСИЙСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗАУРАЛЬСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

А.В.Григорьева, А.В.Лаломов (ИГЕМ РАН), lalomov@mail.ru

TYPES OF ILMENITE CRYSTALS AND FACIES ZONATION OF THE MANSI AREA, THE TRANSURAL PLACER PROVINCE

A.V.Grigor'eva, A.V.Lalomov

В структуре россыпного района выделяются фации промежуточного коллектора (средний горизонт олигоцена), аллювиально-дельтовая, литоральная, мелководная сублиторальная с умеренной гидродинамикой (верхнеолигоценовые) и сублиторально-неритовая зона ниже границы волнового воздействия. В пределах продуктивных олигоценовых отложений исследованной площади выделяются пять минеральных разновидностей ильменита, которые дифференцированно характерны для разных фациальных зон бассейна россыпеобразования.

Ильменит, развивающийся по титаномagnetиту, представляет собой продукт распада твердого раствора и диагностируется по решетчатой структуре, образовавшейся в процессе выноса магнетита. Присутствует практически во всех зонах осадконакопления, но в разном количестве и с разной степенью изменения. Наибольшее количество зерен этого типа концентрируется в зоне литорали (около 40%). В зоне палеodelьты преобладают зерна в начальной стадии распада, в литорали изменения их весьма существенны, в зоне мелководья магнетитовая составляющая практически полностью выносятся из титаномagnetита и содержание зерен не превышает 5%.

Ильменит лейкоксенизированный, представляющий собой продукт гипергенного преобразования за счет выноса железистой составляющей. В пределах зерен наблюдается направленность изменений от периферии к центру, что выражается в частичном разрушении кристаллической решетки, уменьшении железистости и появлении новообразованных гипергенных минералов на периферии зерен. Отмечаются реликтовые структурные решетки титаномagnetитового характера, что указывает на тесную связь с ильменитом первого типа. В сумме первый и второй типы составляют около 50% от всех зерен ильменита.

Ильменит, обогащенный марганцем (до 2,7 мас. %), присутствует везде, но максимально развит в зоне сублиторали. Для него характерно практически полное отсутствие примесей. Вероятно, это объясняется активными постседиментационными преобразованиями минерала в тонкозернистых осадках данной фациальной зоны. Содержание ильменита этого типа около 25% от всех зерен.

Ильменит «дендритовидный». Более светлые участки зерен, обогащенные Fe, Mg, Mn и обедненные Ti, образуют дендритовидные формы выделения в ильменитовой матрице. Такое распределение элементов возможно при быстрой кристаллизации расплава, когда более тяжелые элементы (Fe, Mn, Cr) выделяются в первую очередь.

Ильменит микрослоистый, состоящий из чередующихся параллельных слоев толщиной от 2 до 10 мкм, различающихся по содержанию основных компонентов и микропримесей. Эта структура отражает меняющиеся условия кристаллизации из расплава и связана с коренным источником ильменита.

Две последние разновидности имеют сквозное распространение и дифференцируются только по крупности зерен, что отражает интенсивность гидродинамики бассейна россыпеобразования. Для всех типов ильменита отмечается дифференциация по крупности. В промежуточном коллекторе и палеodelьте ильменит наименее сортирован, размеры его зерен от 50 до 200 мкм. Для зоны литорали характерно наличие ильменита в классе 100–200 мкм, зерна <100 мкм концентрируются преимущественно в сублиторали.

Таким образом, типоморфно-минералогические особенности ильменитов прибрежно-морских россыпей отражают фациально-литодинамическую зональность осадконакопления, что можно использовать для изучения данного типа месторождений и оптимизации геологоразведочных работ. Выявленные закономерности могут быть особенно полезны при работе с погребенными титан-циркониевыми россыпями.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РУДНЫХ РАЙОНОВ, ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

О.Н.Грязнов (Уральский государственный горный университет), Gryaznov.O@ursmu.ru

METASOMATIC ZONING PATTERNS-BASED PREDICTIVE ESTIMATION OF THE ORE CLUSTERS, FIELDS, AND DEPOSITS

O.N.Gryaznov

Карты рудоносных метасоматических образований, составленные по результатам съемки м-бов 1:200 000–1:10 000, отражают объективные и надежные признаки рудоносности территорий и могут использоваться для прогнозной оценки рудных районов (на выявление рудных полей), рудных полей (на выявление месторождений) и месторождений (на выявление скрытых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах).

Актуальность выявления и картирования рудоносных метасоматитов при прогнозно-металлогенических исследованиях, геологической съемке и поисках труднооткрываемых месторождений очевидна. Владение теорией и практикой работ обуславливает оптимальные результаты. Адекватность картирования метасоматических образований определяется генетическим подходом к выделению метасоматитов, выбором предмета картирования на основе фациально-формационного анализа, учетом метасоматической зональности, полнотой отражения эпигенетических образований, соответствием объектов изучения масштабу работ, комплексным изучением физических, химических и геохимических свойств и полей метасоматических пород и формаций, количественной оценкой геологической информации.

Увеличение запасов минерального сырья в настоящее время возможно главным образом за счет труднооткрываемых месторождений. Реализация проблемы должна базироваться на комплексных геологических, минералого-геохимических и геофизических исследованиях с прогнозной оценкой геологических структур и комплексов. Немаловажное значение при этом имеет метасоматическая зональность. Опыт использования метасоматической зональности для прогнозных целей, к сожалению, весьма ограничен. Этот вопрос решался нами в двух направлениях.

1. Прогнозная оценка территории по результатам съемки м-бов 1:50 000–1:200 000 с использованием ореолов и ареалов рудоносных метасоматических формаций.

Комплексная методика количественного прогнозирования базируется на системном анализе геологических условий размещения минерализации, их объективной оценке, выявлении благоприятных геологических позиций при всестороннем учете рудоконтролирующих факторов. Определенная роль в этой методике принадлежит ореолам и ареалам рудоносных метасоматических формаций. Последние используются как надежный и объективный поисковый признак рудной минерализации, в качестве критерия классификации рудных формаций, для оценки масштабов рудного объекта, в качестве критерия категоризации прогнозных ресурсов, при подсчете прогнозных ресурсов.

2. Прогнозная оценка рудных районов, полей и месторождений на основе гидротермально-метасоматической зональности. Площади, перспективные для обнаружения скрытых или слабопроявленных месторождений, выделяются при выявлении типов метасоматических формаций, свойственных рудным объектам, изучении их пространственно-временных соотношений, положения рудных тел в колонне метасоматической зональности, корреляционных связей экстенсивности и интенсивности преобразования пород с масштабом оруденения.

ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗОЛОТО-ПОЛИСУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ РУДНОГО ПОЛЯ ОРАНЖЕВОЕ, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

А.Н.Гудин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), blagmet@tsnigri.ru

PETROLOGIC CRITERIA OF THE GOLD-POLYSULFIDE-QUARTZ DEPOSITS REVEALING, AS EXEMPLIFIED BY ORANZHEVOE ORE FIELD, MAGADAN PROVINCE

A.N.Gudin

Петрологические критерии — один из самых действенных инструментов, позволяющих выявлять объекты золото-полисульфидно-кварцевой (золото-редкометальной) формации, так как золоторудные этапы последней приурочены к определенным типам магматических пород (и по составу, и по возрасту).

Рудное поле Оранжевое расположено в верховьях р. Килганы, в 235 км к северо-востоку от г. Магадан и в 20 км к югу от золото-серебряного месторождения Джульетта. Оранжевое рудное поле находится в экзо- и эндоконтакте северной части Верхне-Килганинского полифазного гранитоидного массива. Вмещающие породы представлены ороговикованными средне-верхнетриасовыми алевролитами и аргиллитами, прорванными раннемеловыми субвулканическими телами дацитов и риолитов, ранне-поздне-меловыми дайками различного состава и поздне-меловыми гранитоидами. Рудное поле отличается обширная цветовая аномалия, связанная с аргиллизитовыми изменениями вдоль субширотных и северо-восток-восточных разломов.

Петрологические исследования позволили подразделить магматические образования на четыре интрузивных комплекса:

раннемеловой энгтеринский, представленный многочисленными субвулканическими образованиями риолитового и дацитового составов. С ними пространственно связана золото-серебряная минерализация (месторождение Джульетта, рудопоявление Энгтери и др.);

ранне-поздне-меловой охотский — дайки диоритовых порфириров;

поздне-меловой дачнинский — субщелочные лейкограниты, субщелочные гранит-порфиры, слагающие основную часть Верхне-Килганинского гранитоидного массива, а также дайки гранит-порфира и аплитов;

поздне-меловой мыгдыгкитский — дайки базальтов и трахиандезибазальтов.

Золотоносные гидротермальные образования сформированы в два этапа: золото-серебряный (связан с субвулканическими риолитами и дацитами энгтеринского комплекса, представлен различными фациями аргиллизитов) и золото-полисульфидно-кварцевый (связан с Верхне-Килганинским массивом и его дериватами — дайками гранит-порфира).

Высокая степень насыщенности дайками дачнинского комплекса, наряду с обширной областью развития роговиков, указывает на наличие скрытого выступа многофазного Верхне-Килганинского гранитоидного массива. Разделение роговиков на фации дает возможность предположить глубину залегания кровли массива. Следует отметить, что изучение метасоматических образований по периферии массива позволило установить малопродуктивный оловорудный этап, связанный с турмалинитами.

По результатам исследований был спрогнозирован объект проксимального типа (С.Ф.Стружков и др., 2007) золото-полисульфидно-кварцевой (золото-редкометальной) формации, приуроченный к Верхне-Килганинскому гранитоидному массиву.

ОБ ОБЪЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ И ПРОГНОЗНЫХ КРИТЕРИЕВ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

А.И.Гусев (Алтайская государственная академия образования им. В.М.Шукшина),
anzerger@mail.ru

CONTROLS AND PREDICTIVE CRITERIA OF GOLD MINERALIZATION: THEIR OBJECTIVENESS A.I.Gusev

В большинстве случаев оценка значимости факторов и признаков оруденения оценивается на эмпирическом уровне. Для прогноза наиболее востребованного коренного оруденения золота предлагается оценить значимость поисковых критериев и факторов размещения оруденения путем вероятностно-статистической обработки материалов. Оценка информативности минерагенических факторов может быть проведена с использованием алгоритма Байеса, информационной меры Шеннона и др. Полученные в результате обработки комплекса критериев и факторов информационные данные позволят составить карты информативности золотого оруденения и на их основе более объективно выделять прогнозные площади различной очередности и перспективности. Кроме традиционно используемых факторов размещения оруденения, необходимы нетрадиционные подходы с учетом фундаментальных теоретических проблем генерации оруденения. К их числу можно отнести фундаментальные положения в теории рудообразования, трансформированные для прогнозных целей. Для 23 супергигантских месторождений золота (с запасами >500 т) литосферная нестабильность вызвана плюмовым импактом сверхмощного флюидного потока и магм, деламацией и эрозией мантийной литосферы, астеносферным апвеллингом. Одним из таких теоретических положений является обусловленность масштабов и интенсивности оруденения

флюидным режимом рудогенерирующих магматитов, перечень и количества которых можно измерить экспериментальными и аналитическими методами.

Известно, что флюидный режим интрузивного процесса определяет не только сценарий дифференциации и последовательность образования интрузивных пород, но также извлечение и перенос рудных компонентов из расплавов и мантийных источников в рудолокализирующие структуры верхней литосферы. Мантийно-коровое взаимодействие в виде флюид-расплава, контаминация мантийными магмами корового материала обнаруживаются во многих супергигантских месторождениях золота, вольфрама, молибдена и других металлов. Мантийная составляющая и мантийно-коровое взаимодействие при формировании золоторудного оруденения в крупных регионах (Абитиб, Восточный Голдфилд, Рио дас Велгас, Северо-Китайский кратон и др.) зафиксированы многими исследователями. Степень контаминации корового материала, мантийно-корового взаимодействия в генерации сложных магно-рудно-метасоматических золоторудных систем также должна использоваться в прогнозном комплексе и оцениваться в количественной мере. Важную роль играет наличие прямых «свидетелей» астеносферного участия в золоторудных полях гигантских месторождений — спессартитов, керсантитов, обладающих повышенными концентрациями фтора, хлора, воды во флюидах и высокой восстановленностью магматогенных флюидов. Заключительные дериваты глубинных систем гигантских золоторудных месторождений характеризуются аномальными параметрами флюидного режима: высокими восстановленностью магматогенных флюидов и водонасыщенностью, обилием летучих компонентов — хлора, углекислоты, фтора, бора.

Для таких крупнейших месторождений, как Мурунтау, Березовское, Сухой Лог, Колар (Дарварский кратон) и других, выявляются признаки наличия абиссальной фации глубинности рудогенерирующих гранитоидов с аномальными парциальными давлениями углекислоты и соляной кислоты (Мурунтау 4,8–5,5 кбар, Колар 5,5–6,5 кбар).

О ГЕНЕЗИСЕ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ АДЫЧА-НЕРСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Л.В.Гущина (ИГМ СО РАН), Е.С.Серкебаева (ИГАБМ СО РАН), gushchina@igm.nsc.ru, serkebaeva@diamond.ysn.ru

ON THE ORIGIN OF THE GOLD-QUARTZ STYLE MINERALIZATION IN THE ADYCHA-NERA METALLOGENIC ZONE

L.V.Gushchina, E.S.Serkebaeva

Адыча-Нерская металлогеническая зона охватывает центральную и юго-восточную части Кулар-Нерского сланцевого пояса и прилегающую к Адыча-Тарынскому пограничному разлому окраину Верхоянского складчато-надвигового пояса. В зоне широко развиты золото-кварцевые малосульфидные метаморфогенно-гидротермальные месторождения, локализованные в надвиговых структурах. Бадранское золоторудное месторождение — эталонный модельный тип золото-кварцевых малосульфидных орогенных месторождений.

Приводятся результаты компьютерного моделирования физико-химических условий концентрированного отложения Au в рудах Бадранского месторождения. В качестве основных элементов модели выделяются:

- развитие предрудного метасоматоза вмещающих пород, выраженного в их березитизации и формировании пирит-арсенопиритового парагенезиса с богатым невидимым золотом;

- формирование жильного выполнения с развитием арсенопирит-пирит-карбонат-кварцевой минеральной ассоциации I стадии;

- формирование двух пространственно зонально сопряженных минеральных ассоциаций II стадии — халькопирит-галенит-альбит-карбонатной на верхних горизонтах и флангах зоны Надвиговая и сфалерит-тетраэдрит-серицит-карбонатной, приуроченной к центральному наиболее рудоносному ее интервалу;

- формирование киноварь-антимонит-карбонат-кварцевой и серебро-кварцевой минеральных ассоциаций III стадии, ограниченно распространенных, преимущественно в приповерхностных частях рудных столбов.

Состав модельной термодинамической системы определялся особенностями минерального состава руд кварц-золоторудного месторождения Бадран и данными исследования флюидных включений в сером

и молочно-белом кварце рудных жил с использованием методов КР-спектроскопии, газовой хроматографии, термо- и криометрии. Таким образом, поведение Au (I) рассмотрено в рамках сложной геохимической системы Au–Fe–Cu–Pb–Zn–As–Sb–Hg–Ag–H₂O–Cl–H₂S–CO₂. Для моделирования процессов рудообразования использованы модели — взаимодействия раствор – порода, конденсации газовой фазы (для I стадии), простого охлаждения умеренно хлоридно-сульфидного раствора (для II стадии), простого охлаждения и смешения низкохлоридно-сульфидного раствора с кислыми метеорными водами (для III стадии), отражающие формирование жил рудообразующей системы и интенсивного метасоматического изменения пород на глубоких горизонтах.

Характерным для формирования I стадии (ранней высокопродуктивной) золоторудных парагенезисов был гомогенный кислый (углекислый) умеренно хлоридно-сульфидный раствор, который привел к осаждению Au, понижению давления и гетерогенизации раствора с обособлением газовой фазы. Формирование II стадии (продуктивной на Au) происходило из гомогенного близнеутрального умеренно хлоридно-сульфидного раствора, III стадия (поздняя малопродуктивная на золото) сформирована при низкохлоридно-сульфидном слабощелочном растворе, содержащем, кроме Au, As, Sb, также Hg, Ag и Sb. Золото в рассматриваемых растворах находится в основном в дигидросульфидной форме, Au(HS)₂[–] и осаждается в кислой среде при 300°C.

Если предлагаемая генетическая модель адекватно отражает последовательность процессов минералообразования на Бадранском месторождении, то перспективной является оценка золотоносности зон метасоматитов на его глубоких горизонтах.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ — КРИТЕРИЙ СКРЫТОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ИВАНЬИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

М.В.Данилин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), maxdanilin@mail.ru

ZONED MINERALOGIC PATTERN AS A SIGNATURE OF CONCEALED Au-Ag MINERALIZATION: A CASE HISTORY FROM THE IVAN'INSK ORE CLUSTER, MAGADAN OBLAST

M.V.Danilin

В настоящее время на Северо-Востоке России успешно отрабатываются золото-серебряные месторождения. В связи с исчерпанием запасов на выявленных месторождениях золото-серебряной формации, таких как Джульетта, актуальность приобретают поиски скрытых объектов в пределах известных золото-серебряных рудных узлов. Иваньинский рудный узел расположен в границах крупной Иваньинской вулканотектонической депрессии внешней мегазоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

Выявление минералогической зональности может облегчить поиски скрытых рудных тел. Автором на участках Тихий и Ромео Иваньинского рудного узла (удаленные фланги месторождения Джульетта) проведена выборочная документация керна скважин.

На *участке Тихий* изучение состава метасоматических изменений в канавах позволило выделить каолинит-гидрослюдисто-кварцевые аргиллизиты («каолинитовую шляпу») размером 300×300 м, мощностью >50 м. На эталонных месторождениях «каолинитовая шляпа» обычно маркирует надрудный уровень. Граница средне-высокотемпературных изменений (амфибол-хлоритовых) находится на глубинах 170–186 м и совпадает с появлением в прожилках в значительных количествах арсенопирита. В северной части участка по контакту иваньинской и энгтеринской свит в пределах мощной зоны метасоматитов арсенопирит появляется на глубине 94 м, что указывает на склонение нижней границы оруденения в южном направлении.

На глубине 155 м отмечено самородное золото в зоне интенсивного сульфидно-адуляр-серицит-кальцит-кварцевого прожилкования. В составе рудных минералов, кроме самородного золота, присутствуют пирит, галенит>сфалерит, блеклая руда, сульфосоль серебра.

Учитывая наличие «каолинитовой шляпы», значительные мощности вскрытых скважинами аргиллизитовых изменений, сопоставимый с месторождением Джульетта вертикальный размах зоны развития низкотемпературных пропилитов, наличие продуктивной минерализации, участок можно рассматривать как наиболее перспективный для поисков скрытых рудных тел.

На *участке Ромео* выявлены интенсивные метасоматические изменения. Судя по составу метасоматитов и минералов-индикаторов рудной зональности (сфалерит>галенит, наличие халькопирита в больших количествах, единичные выделения арсенопирита) и текстурам жил (преобладают массивные и вкрапленные текстуры), можно предположить, что вскрытые траншеями жилы на участке Ромео расположены в пределах нижнерудного уровня эрозионного среза.

Зоны густой вкрапленности арсенопирита на дневной поверхности предположительно тяготеют к пологозалегающим субширотным структурам, которые вряд ли будут представлять промышленный интерес. В то же время, структуры северо-западного направления, особенно на наиболее высоких гипсометрических отметках, вмещают потенциальные рудные тела. Это жилы ритмично-полосчатой текстуры с продуктивной минерализацией, где полномасштабно проявлена золото-серебро-сульфосолевая стадия с высокими содержаниями Ag 1–3 кг/т и сравнительно низкими — Au *n*-г/т. В качестве полевого признака высоких содержаний Au можно считать совмещение золото-серебро-сульфосолевой и золото-полиметаллической (галенит, сфалерит) продуктивных ассоциаций. Учитывая весьма интенсивные метасоматические изменения и наличие промышленных содержаний Au по данным штуфного опробования жил, вскрытых канавами и траншеями, участок можно отнести к перспективному. Однако максимальный вертикальный размах промышленного оруденения можно оценить в 30–50 м.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СЕВЕРНЫХ БЛОКОВ ЮЖНО-ВЕРХОЯНСКОГО СЕКТОРА ВЕРХОЯНСКОГО СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОГО ПОЯСА **Е.П.Дмитриев (ФГАОУ ВПО СВФУ), TJK35@mail.ru**

MORFOMETRIC ANALYSIS OF TECTONIC TRANSPORT IN THE NORTHERN BLOCKS OF THE SOUTH UPPER YANA SECTOR OF THE UPPER YANA FOLD-AND-THRUST BELT **E.P.Dmitriev**

Рельеф северной части Южно-Верхоянского сектора Верхоянского складчато-надвигового пояса, как и других орогенных систем Северо-Востока Азии, имеет четко выраженное блоковое строение. По мнению многих исследователей (В.И.Коростелев и др.), «блоку» отвечает одновысотная ячейка рельефа. Общий гипсометрический уровень, форма и размеры поверхности геологических тел позволяют для определенной тектонической обстановки установить режим, характер и направленность тектонических движений.

Рассмотрим результаты морфометрического анализа рельефа, в основу которого положено соотношение формы, размеров и относительной разницы высот отдельных участков поверхности. Тектонические блоки рельефа наблюдались в пределах Томпонского геолого-съемочного учебного полигона геологоразведочного факультета Якутского государственного университета. Выделены 16 блоков, определены знаки движения и амплитуды, составлена карта блоков.

Альпинотипный высокогорный рельеф района исследований сформирован позднеэоценовыми – четвертичными тектоническими движениями. Последующие изменения обусловлены эрозионно-денудационными процессами (Коростелев, 1981). При выявлении закономерностей тектонического рельефообразования одна из первых задач исследования — реставрация тектонического рельефа, частично разрушенного в процессе поверхностной эрозии территории (Орлова, 1981). Поэтому при восстановлении форм тектонического рельефа важно оконтурить разрушенные, но некогда единые, одновысотные площади — поверхности выравнивания. Для этого близко расположенные участки с незначительной разницей высот от 1400 до 1900 м объединяются в единый блок поверхности тектонического рельефа. Блоки разграничиваются между собой прямолинейными или слегка искривленными линиями, они должны соответствовать положению тектонических нарушений, вдоль плоскости которых один участок был перемещен относительно другого (опущен или приподнят). В результате этих движений и создается уступ местности, который отражается в рельефе.

На территории исследований располагается Сунтарская система разломов (Коростелев, 1981), кинематическая и геодинимическая интерпретация которых детально проанализирована (В.С.Оксман, Ф.Ф.Третьяков, 2001).

Реконструированные таким образом тектонические блоки рельефа между разломами Сунтарской серии позволяют сделать следующие основные выводы:

устанавливается ступенчатый характер тектонических форм рельефа по современной поверхности. Степень сохранности уступов различна, их амплитуда по вертикали составляет ~500 м. Блоки рельефа образовались в результате вертикальных тектонических движений, общее воздымание рельефа доходит до 1800 м;

перемещение блоков происходит по рельефообразующим разломам, расположение которых, амплитуду, знак перемещения, а также последовательность проявления во времени можно установить по соотношению разновысотных блоков.

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ НЕТРАДИЦИОННОГО ИНДУКТИВНОГО ПЕТЛЕВОГО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО МЕТОДА ИНДУКТИВНОСТИ И ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ ПЕТЛИ

С.И.Евдокимов, И.М.Евдокимов (Институт геологии УНЦ РАН), mivp1972@ufaras.ru

FEATURES AND POTENTIAL OF A NON-TRADITIONAL LOOP IM AND DUAL LOOP IM TECHNIQUES

S.I.Evdokimov, I.M.Evdokimov

Нетрадиционность метода индуктивности и взаимной индуктивности петли (МИВП) состоит в том, что в отличие от остальных электроразведочных методов, в которых измеряются электрические величины, в нем измеряется суммарная индуктивность петли и внесенные от среды индуктивность и активное сопротивление в широком диапазоне частот от 1 до 4000 Гц. Данного частотного диапазона, как показала практика, вполне достаточно для решения большинства задач поисков и разведки полезных ископаемых. Впервые примененный в индуктивной электроразведке мостовой способ измерения [1] показал высокую точность измерения индуктивности до 0,03%. В отличие от других индуктивных методов мост, примененный авторами [2], позволял с одной установки с помощью измерительных элементов моста — магазинов R , L , C — измерять не только параметры среды, но и паразитные емкости, утечки и вносить поправки. Путем выбора соотношений величин элементов моста имеется возможность повышать разрешающую способность метода. Особенностью мостового способа измерения является тот факт, что измеряемые величины не зависят от величин питающего тока и электромагнитных помех, что делает возможным измерение с малой относительной погрешностью от 0,01 до 0,001% в широком диапазоне питающих токов от 2 до 0,02 А.

В результате многолетних исследований и конструкторских разработок авторами в 1983 г. была создана аппаратура МИВП4 для расшифровки магнитных аномалий, которая успешно опробована в условиях Сибири в Красноярском крае. Следующая модификация аппаратуры образца 1990 г. (МИВП5) позволяет измерять все основные геоэлектрические параметры среды: вещественную и мнимую составляющие проводимости, магнитную восприимчивость, диэлектрическую проницаемость, индуктивно вызванную линейную и нелинейную поляризуемость и частотную дисперсию в диапазоне частот от 1 Гц до 4 кГц. Изобретенный авторами мост для геоэлектроразведки [3] позволяет измерять индуктивности петель с относительной погрешностью до 0,001% при независимой раскладке петель. С помощью разработанной модельной установки проведена оценка возможностей петлевых индуктивных методов. Особенность МИВП в отличие от любого индуктивного электроразведочного метода в том, что он не дает ложных аномалий независимо от уровня помех. Метод успешно использовался при поисках медных колчеданов, магнетитовых руд, графитов, вкрапленных золото-сульфидных руд и хромитов. Аппаратура малозатратная, применение тонкого медного провода от 0,5 до 1,5 мм² позволяет выполнять работы в условиях полного бездорожья с использованием петель с размером стороны >1 км, зондировать среду на глубину 2–3 км, выявлять локальные тела, отличающиеся по геоэлектрическим свойствам от вмещающих пород. Применение петель разной формы при одновременном измерении индуктивности и взаимной индуктивности между петлями позволяет картировать геологические структуры и локальные тела, что существенно повышает точность геологического прогноза перед проверкой аномалии бурением и в несколько раз снижает поисково-разведочные затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов И.М. Заявка на изобретение № 1896449, 1913225/26-25/. – М.: ВНИИГПЭ, 1973.

2. Евдокимов И.М. и др. О возможности использования индуктивности петли для электроразведочных целей // Электрометрические исследования при поисках и разведке рудных месторождений. Свердловск, 1977.
3. Евдокимов И.М., Евдокимов С.И. Измерительный мост для геоэлектроразведки. Авторское свидетельство № 1548764, 1989.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КРУПНОКУСКОВОЙ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ РУД ЗОЛОТА

В.В.Жарков, В.А.Богомолов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
romantghouk@yandex.ru,

FOTOMETRIC SORTING OF COARSE-GRAINED GOLD ORE: AN INNOVATIVE TECHNIQUE **V.V.Zharkov, V.A.Bogomolov**

Истощение разведанных запасов богатого золоторудного сырья привело к необходимости восполнения запасов золота за счет ввода в эксплуатацию новых золоторудных месторождений с низким содержанием Au. Вовлечение в промышленную переработку бедных по содержанию металла руд (0,5–1,5 г/т), но уникальных по масштабам месторождений Сухой Лог и Наталкинское может оказаться экономически оправданным при использовании инновационной технологии крупнокусковой фотометрической сепарации (ФМС).

Фотометрический метод сепарации применяется для предварительной крупнокусковой сортировки различных руд в диапазоне крупности -150 (200)+10 (20) мм. Оценка эффективности применения метода ФМС устанавливается для каждой конкретной руды. Необходимые условия — наличие признака разделения, по которому будет осуществляться сепарация (рассматривается как отличие в цветовых характеристиках кусков с рудной минерализацией и вмещающей породы), а также высокая контрастность руды, предполагающая различие в содержании Au в тех же кусках. Чем выше для исследуемой руды практически установленные коэффициенты признака разделения и контрастности, чем ярче выражена корреляция между ними, тем эффективнее протекает процесс ФМС. Так, золото в рудах золото-кварцевой и золото-кварц-сульфидной формаций в основном свободное в кварце. Для подобных руд признаком разделения наиболее часто служат светлые жилы и прожилки кварца. По занимаемой ими площади на поверхности куска руды настраивается программа разделения рудных и нерудных кусков. Признаком разделения для сульфидных руд методом ФМС являются вкрапления и прожилки латунно-желтых сульфидных минералов на поверхности рудных кусков и их отсутствие на породных (отвальных).

Главные недостатки фотометрических сепараторов ранних разработок — низкая разрешающая способность распознавания сепарируемых объектов и малая производительность. Прогрессу в фотометрической сепарации руд способствовали достижения в области микропроцессорной техники и компьютерных технологий. В промышленных фотометрических сепараторах нового поколения критерием разделения минеральных частиц являются их цветовые характеристики, что существенно расширяет возможности и эффективность современных сепараторов в отличие от аппаратов предшествующего поколения, где разделение происходило по коэффициенту отражательной способности.

На фотометрическую сепарацию поступает руда, расклассифицированная на машинные классы. Отсев (крупностью -5 или 10 мм) объединяется с концентратом ФМС с получением обогащенного продукта для последующего глубокого обогащения. С применением современной полупромышленной фотометрической установки GemStar600 в ЦНИГРИ выполнены исследования по крупнокусковой фотометрической сепарации руд золота различных типов, подтвердившие ее эффективность.

Инновационная технология, основанная на предварительном крупнокусковом обогащении руд золота методами фотометрической сепарации, позволяет на 30–70% снизить объем поступающей на глубокое обогащение руды при увеличении содержания в ней благородных металлов. При этом в промышленную эксплуатацию вовлекаются бедные и забалансовые руды, освоение запасов которых по традиционным технологиям экономически нецелесообразно. В результате снижения объемов поступающей на глубокое обогащение руды уменьшаются энергозатраты, расход реагентов, количество складированных отходов и вредное воздействие на окружающую среду.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСТАТОЧНУЮ НАМАГНИЧЕННОСТЬ МАГНЕТИТ-КАЛЬЦИТОВЫХ ПОРОД КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.М.Жирова (Геологический институт КНЦ РАН), anzhelaz@geoksc.apatity.ru

INFLUENCE OF ULTRASONIC IMPACT ON RESIDUAL MAGNETIZATION OF MAGNETITE-CALCITE ROCKS OF THE KOVDOR DEPOSIT

A.M.Zhirova

Известно, что магнитоупругие эффекты характерны для ферритов. Однако свойствами ферритов могут обладать природные железосодержащие оксиды с иным химическим составом. В пределах Ковдорского месторождения выделяются апатит-форстерит-магнетитовые, форстерит-магнетитовые, кальцит-форстерит-магнетитовые, магнетитовые и другие руды. Главные минералы, слагающие эти разновидности, — магнетит, а также ильменит, гематит, маггемит, псевдобрукит.

Магнитоакустические исследования проводятся на магнетит-кальцитовых породах для изучения влияния ультразвуковых колебаний на их остаточную намагниченность. При этом анализируется влияние направления ультразвукового облучения относительно вектора остаточной намагниченности для сильно-магнитных образцов Ковдора при циклическом облучении и размагничивании. Кроме того, рассматривается влияние времени ультразвукового воздействия на магнитные свойства этих образцов.

В ходе эксперимента рассчитаны значения параметров вектора остаточной намагниченности: модуля (In) и компонент (In_x , In_y , In_z), склонения (D) и наклонения вектора (I). Первые результаты исследований показывают, что ультразвуковое облучение влияет на вектор остаточной намагниченности магнетит-кальцитовой породы. Происходит изменение как величины остаточной намагниченности (модуля, компонент), так и его пространственного положения (склонения, наклонения). Изменения параметров вектора остаточной намагниченности значимы, т.е. превышают уровень погрешности измерений на аstaticеском магнитометре. Отмечается рост значений модуля вектора остаточной намагниченности при ультразвуковом прозвучивании по направлению максимальной оси намагниченности образца. При ультразвуковом воздействии против направления намагниченности результат получен неоднозначный. Влияние времени прозвучивания ультразвуком на характер изменения вектора остаточной намагниченности в ходе настоящего исследования не обнаружено. Однако можно предположить более значимое увеличение модуля остаточной намагниченности на первом цикле облучения и его скачкообразный рост при увеличении времени ультразвукового прозвучивания от 30 до 60 с при последующих циклах. Пространственное поведение вектора остаточной намагниченности при ультразвуковом воздействии с различными параметрами отличается сложным характером. Возврата вектора остаточной намагниченности образцов, подвергнутых ультразвуковому прозвучиванию, в исходное состояние (после процедуры размагничивания) не наблюдается.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ УГЛЕНОСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

Б.И.Журбицкий, В.Н.Микерова, Н.А.Мошиченко (ВНИГРИуголь Роснедра Минприроды России), geocal@aaanet.ru

GEOLOGICAL AND METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL PROGNOSIS AND ESTIMATION OF THE COAL POTENTIAL OF TERRITORIES

B.I.Zhurbitsky, V.N.Mikeroва, N.A.Moshichenko

Задача геологической актуализации ресурсной базы углей становится все более актуальной в связи со значительным снижением запасов на действующих предприятиях, ограниченным числом кондиционных угольных объектов в нераспределенном фонде недр, недостаточной изученностью закрытых кайнозойским чехлом угленосных формаций Сибири и Дальнего Востока. Эффективное решение задачи связано с моделированием и прогнозированием угленосности на основе комплекса дистанционных геолого-геофизических данных.

Предпосылкой для непосредственного прогноза угольных залежей по данным гравиметрии служат существенное отличие углей от вмещающих пород по плотности и значительные размеры кондиционных

объектов. Данные гравиметрии совместно с магнитометрической и геоморфологической информацией используются для прогнозирования угленосности с учетом приуроченности скоплений угольного вещества к определенным тектоническим и геоморфологическим структурам, стратиграфическим и литолого-фациальным комплексам пород.

Условием применения технологии многофакторного геолого-геофизического прогнозирования (ТМП) является наличие кондиционных информационных «покрытий» — равномерных площадных геофизических и геоморфологических данных. К настоящему времени это требование выполняется на уровне м-ба 1:200 000, что обеспечивает возможность выполнения этапа полномасштабной переоценки ресурсной базы твердых горючих ископаемых на всей территории РФ.

В технологии ТМП выделяются следующие этапы процесса прогнозирования и оценки угленосности территорий:

формирование базы данных первичных «покрытий» (исходных и производных характеристик для гравитационного поля — $G, G_s, G_d, \text{grad}G$; магнитного поля — $M, M_s, M_d, \text{grad}M$; альтитуд рельефа — $R, R_s, R_d, \text{grad}R$); всего 12–15 первичных слоев-покрытий геофизической и геоморфологической информацией;

прогнозирование методом многомерных регрессий производных «покрытий» оцениваемой территории — глубин и мощностей стратиграфических и формационных комплексов пород (KZ, MZ, PZ, их производных); всего 9–12 слоев геологических данных;

районирование оцениваемой территории и прогнозирование перспективных угольных объектов с использованием комплекса геолого-геофизических данных (15–35 характеристик) методом распознавания по эталонам угленосности;

оценка прогнозируемых перспективных угольных объектов.

Технология ТМП апробирована для прогнозирования угленосных структур разных уровней в основных геологических районах РФ — в Центральной Сибири (применительно к м-бу 1:2 500 000), Восточном Донбассе и на его обрамлении (м-б 1:500 000), на территории Сосьвинско-Салехардского угольного бассейна (м-б 1:200 000). Во всех случаях были установлены перспективные угленосные площади для поисков и ранее неизвестные угленосные объекты.

Введение инновационной технологии многофакторного геолого-геофизического прогнозирования в практику геологоразведочных работ и включение полученных результатов в нормативный оборот геологической продукции — насущная задача современного этапа их технологического совершенствования на уголь.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯНО-КОЛЫМСКОЙ ПРОВИНЦИИ КАК ОСНОВА ПОИСКОВЫХ РАБОТ Д.Н.Задорожный (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), blagmet@tsnigri.ru

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE GOLD-QUARTZ-STYLE DEPOSITS AS A BASE OF EXPLORATION

D.N.Zadorozhny

Основа развития ресурсной базы Яно-Колымской золоторудной провинции — переход к новой концепции освоения золото-кварцевых месторождений по крупнообъемной модели. После успешной переоценки ОАО «Полус Золото» Наталкинского месторождения значительно расширились перспективы остальной части провинции на выявление крупнотоннажных месторождений золота, прежде всего за счет вовлечения в оценку слабозолотоносной минерализации прожилково-вкрапленного типа.

В пределах Верхне-Инди́гирского рудно-россыпного района золото-кварцевые месторождения связаны с жильно-прожилковой минерализацией, локализуемой в складчато-надвиговых структурах в виде межпластовых и седловидных жил (Талалах, Жданное, Сана, Пиль), внутрипластовых зон прожилкования лестничного или сетчатого типов (Дора, Левобережное), линзовидных жил в пологих трещинах отрыва (Дири́нь-Юря́х, Террасное), стержневых жил и систем параллельных прожилков в зонах дробления вдоль листрических сместителей надвигов (Бадран, Ма́лый Тарын). Жильно-прожилковая минерализация преимущественно кварцевого и кварц-карбонатного составов формируется в процессе метаморфизма за счет выноса легкорастворимых минералов из вмещающих терригенных пород и переотложения их в структурах, возникающих на разных стадиях складкообразования (поперечное укорочение, изгиб, общее сплюс-

щивание). Золотое оруденение наложено на гидротермально-метаморфогенные жилы и прожилки, которые тектонически перерабатываются в более поздних сдвиговых структурах.

В последние годы ГУГПП «Якутскгеология» выявлены протяженные минерализованные зоны дробления сдвигового типа, в пределах которых совмещены все вышеперечисленные морфологические типы жил. Подобное строение имеют рудные зоны Дражного и Базовского месторождений. Несмотря на значительную протяженность рудных зон, для них сохраняется характерное для жил крайне неравномерное распределение мощности рудных тел и содержаний Au в их пределах. Проведенные поисковые работы позволили существенно нарастить (до 100 т) ресурсы отдельных рудных зон, но не позволили объединить их в крупнообъемные залежи.

В пределах Адычанского рудно-россыпного района золото-кварцевые месторождения локализуются среди зон прожилково-вкрапленной минерализации, сформированных в процессе сдвиговых деформаций (Делювиальный, Лазо, Полярник). Морфологически это системы параллельных жил и прожилков, которые залечивают трещины кливажа осевой плоскости мелких присдвиговых складок-аксоноклиналей и формируют линейно-штокверковые зоны. Золоторудная минерализация в пределах штокверков приурочена к надынтризным зонам слабозернистых гранитоидных массивов и выделяется на заключительных стадиях магматогенно-гидротермального процесса в составе полисульфидных минеральных ассоциаций.

В ходе поисковых работ, проведенных ОАО «Янггеология», в пределах штокверков выделены рудные зоны мощностью десятки (до сотни) метров, как правило, в виде блоков изометричной (в плане) формы площадью 50–150 тыс. м². При этом, несмотря на значительные ресурсы (до 100 т и более), заключенные в рудных зонах, значительную часть их объема занимают бедные руды (<1 г/т), что часто ставит под сомнение рентабельность освоения этих объектов.

Проведение структурных исследований на разных этапах поисковых работ позволяет сформировать корректные представления о структурах выявляемых месторождений, что способствует более целенаправленному ведению геологоразведочных работ как в пределах этих месторождений, так и на слабоизученных золоторудных объектах, требующих обоснованной оценки их перспективности и определения очередности вовлечения в поисковые работы.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ И НАРАЩИВАНИЮ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А.И.Зайцев, Ю.А.Кравченко (Управление по недропользованию по Алтайскому краю Роснедра Минприроды России), info@altnedra.ru

EXPLORATION IN ALTAI KRAI: EXPERIENCE AND PRIORITIES

A.I.Zaitsev, Yu.A.Kravchenko

Алтайский край — крупный индустриально-аграрный район России, расположенный в южной части Западной Сибири. Экономика края представляет собой многоотраслевой комплекс, в котором базовыми отраслями являются промышленность и сельское хозяйство. Горнодобывающая промышленность в настоящее время занимает весьма незначительную долю в реальном секторе экономики края — <5%. Перспективы ускоренного социально-экономического развития региона связаны, в первую очередь, с увеличением объемов промышленного производства, созданием крупных системообразующих предприятий, владеющих инновационными промышленными технологиями. При этом решающий положительный импульс всемерному развитию экономики может придать выход на новый качественный и количественный уровни горнодобывающей промышленности. Для этого в крае имеются все предпосылки.

К настоящему времени в Алтайском крае создана достаточно мощная минерально-сырьевая база, представленная широким спектром полезных ископаемых. Государственным балансом учитываются 75 месторождений твердых полезных ископаемых (кроме объектов строительного сырья): бурых углей, железных руд, бокситов, полиметаллических руд (Cu, Pb, Zn, Au, Ag, а также сопутствующих компонентов — Cd, Bi, Ga, In, Se, Te, Tl, барита, S), Be, Au, Hg, природных солей (сульфата натрия, поваренной соли, соды, брома, солей магния), гипса, цветных и облицовочных камней, мела, тугоплавких и огнеупорных глин, минеральных красок, цементного сырья.

Низкая эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов в настоящее время определяется, во-первых, недостаточным уровнем их геологической изученности, во-вторых — неразвитостью инфраструктуры (прежде всего транспортной сети), в-третьих — дефицитом энергетических ресурсов, в-четвертых — нехваткой квалифицированных инженерных и рабочих кадров, в-пятых — несовершенством законодательной и нормативной баз в геологоразведочной и добычной отраслях, в-шестых, отсутствием крупных инвесторов.

Решение основной проблемы — значительного повышения уровня геологической изученности минерально-сырьевой базы края — Управление по недропользованию по Алтайскому краю в свете реализации положений Стратегии развития геологической отрасли до 2030 года видит в следующем:

в подготовке геологических основ для постановки поисковых работ, поисковых работах на приоритетные для края стратегические и остродефицитные полезные ископаемые — полиметаллические руды, рудное золото, черные металлы за счет средств бюджета РФ.

в поисковых и поисково-оценочных работах на сырье для строительной индустрии за счет средств краевого бюджета.

в поисково-оценочных и разведочных работах на уголь, полиметаллические руды, рудное золото, черные металлы, неметаллические полезные ископаемые (цементное сырье, минеральные соли) за счет средств недропользователей.

Главными направлениями геологоразведочных работ на период до 2030 г. в Алтайском крае являются опережающие прогнозно-минералогические и поисковые работы на полиметаллические руды (в российской части Рудного Алтая), поисковые, поисково-оценочные работы и разведочные работы на коренное золото (Змеиногорский, Чарышский, Талицкий и Коргонский золоторудные районы). Предполагаемое финансирование работ за счет всех источников составляет в современных ценах 6,5 млрд. руб., в том числе опережающих прогнозно-минералогических — 0,5, поисковых и поисково-оценочных — 3,2, разведочных — 2,8 млрд. руб.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ БОРНОГО СЫРЬЯ РОССИИ

Ф.А.Закирова, П.П.Сенаторов (ЦНИИГеолнеруд Роснедра Минприроды России),

В.В.Руднев (ВИМС Роснедра Минприроды России), root@geolnerud.net

BORON MINERAL BASE OF RUSSIA: CURRENT SITUATION AND PERSPECTIVES

F.A.Zakirova, P.P.Senatorov, V.V.Rudnev

Бор относится к ликвидным видам сырья и имеет широкий спектр применения. За рубежом, где сконцентрированы основные мировые запасы руд различного генезиса, среди которых вулканогенно-осадочные месторождения бора являются основным источником сырья, отмечается тенденция увеличения объемов их добычи.

Борная минерально-сырьевая база России представлена месторождениями скарнового типа, руды которых по всем показателям уступают вулканогенно-осадочным боратам. Основные запасы (99,6%) размещены в Дальневосточном федеральном округе на единственном разрабатываемом в Приморском крае Дальнегорском (ЗАО «ГХК БОР») и резервном Таежном (Республика Саха-Якутия) месторождениях. До 95% борной продукции ЗАО «ГХК БОР» экспортируется в страны Азиатско-Тихоокеанского региона и лишь незначительная часть потребляется на внутреннем рынке. В настоящее время фонды предприятия существенно изношены, и встает вопрос о его национализации.

Российский рынок проявляет определенную тенденцию к росту спроса на соединения бора. Это многочисленные предприятия Республики Башкортостан, Самарской, Оренбургской и других областей, многие из которых перешли на импортную продукцию.

Проблема расширения минерально-сырьевой базы борных руд для регионов с развитой инфраструктурой в пределах российской части Северного Прикаспия связана с открытием и вовлечением в ее арсенал борных месторождений галогенного типа с более высоким качеством руд по сравнению с боросиликатами. Это тем более актуально, поскольку до 1991 г. галогенные (элювиальные) бораты Индерского месторождения в Казахстане, наравне с датолитовыми рудами Дальнегорского, были основным источни-

ком бора в СССР. При их поисках особый интерес заслуживает зона развития солянокупольных структур западной части Прикаспийской синеклизы, а среди них — соляные купола открытого типа, в которых возможно выявление промышленных месторождений галогенных боратов индерского типа. К таким соляным куполам относится Баскунчак.

Результаты прогнозно-ревизионных исследований последних лет свидетельствуют о целесообразности проведения поисковых работ на перспективных площадях боропроявления Баскунчак (Ф.А.Закирова, 2008, 2010). Несмотря на то что они находятся в пределах Богдинско-Баскунчакского Заповедника и Заказника, следует подчеркнуть, что боропроявление Баскунчак — единственный по своей уникальности объект — аналог Индерского месторождения на территории российской части Северного Прикаспия, представляющий практический интерес в отношении промышленной бороносности.

Анализ минерально-сырьевой базы борных руд галогенного геолого-промышленного типа и проведенная прогнозная оценка ресурсного потенциала Северного Прикаспия свидетельствуют также о перспективах Оренбургской области на выявление месторождений галогенных боратов индерского и сатимлинского типов. Здесь выделяется область развития соляных структур с неглубоким залеганием соляного ядра с борной минерализацией, распространенной как в разрезе соляной толщи, так и в перекрывающих гипсовых шляпах, характеризующихся значительной мощностью (Нежинская, Линевская и др.). На перспективность структур указывает наличие высокоминерализованных вод с аномально высокими концентрациями бора, вплоть до промышленных.

Проведение прогнозно-ревизионных исследований и постановка поисковых работ на выделенных перспективных объектах российской части Северного Прикаспия в целях выявления боратowego оруденения станут началом нового этапа в создании минерально-сырьевой базы борных руд галогенного геолого-промышленного типа и позволят существенно расширить географию борной минерально-сырьевой базы России.

ПЕРСПЕКТИВЫ БОРОНОСНОСТИ СТРУКТУРЫ БАСКУНЧАК, АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Ф.А.Закирова, Н.А.Фролова, А.Е.Волков, Т.А.Романова, А.В.Усманова (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России), root@geolnerud.net

BORON POTENTIAL OF THE BASKUNCHAK STRUCTURE, ASTRAKHAN OBLAST

F.A.Zakirova, N.A.Frolova, A.E.Volkov, T.A.Romanova, A.V.Usmanova

Проведенные в последние годы исследования, направленные на изучение бороносности отложений соляных структур в российской части Северного Прикаспия, позволили установить благоприятные предпосылки для поисков на боропроявлении Баскунчак Астраханской области месторождений бора галогенного геолого-промышленного типа (Ф.А.Закирова, 2008, 2009, 2010). В породах гипсовой шляпы этой структуры возможно выявление залежей боратов, которые по своим параметрам (протяженность рудных тел, мощность, глубина залегания, вещественный состав и технологические свойства) могут быть приравнены к элювиальным боратам Индерского месторождения.

Основанием для выделения данного района в разряд перспективных является практически полная сходимость поисковых признаков, контролирующих развитие борного оруденения на Индерском месторождении галогенных боратов в Казахстане и боропроявлении Баскунчак в России.

На соляном куполе Баскунчак как на одном из перспективных в Нижнем Заволжье в отношении поисков боратов в 1950–1962 гг. проводились специализированные поисково-разведочные работы (Е.П.Водяницкая, С.С.Коробов, В.К.Беляев, П.Н.Тихонов и др.). ЦНИИгеолнеруд в 2007–2010 гг. выполнены прогнозно-ревизионные исследования на площади Северного и Южного гипсовых полей боропроявления Баскунчак с применением биогеохимического метода поисков как одного из опережающих, геофизических исследований (метод СЭП) и детального обследования на бороносность разрезов гипсовой шляпы. В ходе исследований установлены новые прямые и косвенные признаки наличия бороносности в породах гипсовой шляпы в пределах перспективных площадей, которые позволяют прогнозировать развитие на боропроявлении Баскунчак залежей элювиальных боратов индерского типа.

Прямыми поисковыми признаками являются: наличие бороносного горизонта; борная минерализация, представленная колеманитом, ашаритом, улукситом; псевдоморфозы кальцита по колеманиту и гид-

роборачиту; промышленные содержания бора в подземных водах кунгурских отложений; борные минералы (ашарит, гидроборацит, колеманит) в рассолах из скважины, вскрывшей бороносный горизонт.

К косвенным поисковым признакам относятся: биогеохимические аномалии бора в растениях анабазиса (*Anabasis aphylla*) и геофизические аномалии кажущегося сопротивления (метод СЭП).

По аналогии с эксплуатируемым Индерским месторождением (карьер 102) можно предположить, что изучение и в дальнейшем освоение Баскунчакского купола будут достаточно эффективными. В связи с этим необходима постановка поисковых работ, в первую очередь, на площади Северного гипсового поля как наиболее перспективной в отношении поисков элювиальных боратов.

По результатам проведенных исследований прогнозные ресурсы борных руд Северного гипсового поля солянокупольной структуры Баскунчак апробированы по категории Р₂.

МОДЕЛИ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ И СОПРЯЖЕННЫХ РУД

В.С.Звездов, О.В.Минина (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), metallogeny@tsnigri.ru

MODELS OF ORE-MAGMATIC SYSTEMS IN VOLCANO-PLUTONIC BELTS: IMPLICATIONS IN PREDICTION OF AND EXPLORATION FOR CU-PORPHYRY AND RELATED MINERALIZATIONS **V.S.Zvezdov O.V.Minina**

Месторождения медно-порфирового семейства занимают ведущее положение в мировой добыче Cu, Mo и попутно извлекаемых элементов — Au, Ag и Re. В ЦНИГРИ под руководством А.И.Кривцова созданы качественные и количественные модели этих объектов, а также вмещающих их рудообразующих систем: классификационно-признаковые, геолого-промышленные, морфометрические, концентрационные, градиентно-векторные, структурно-петрофизические и геолого-генетические. На их основе разработаны прогнозно-поисковые модели потенциальных рудных районов (ППР), рудных полей (ППП) и месторождений названного типа, использующиеся для прогноза, поисков и оценки. На совершенствование этих моделей в целях повышения эффективности геологоразведочных работ направлены прогнозно-минералогические исследования в настоящее время.

Необходимое условие для обоснованного прогноза месторождений цветных и благородных металлов в вулканоплутонических поясах (ВПП), в первую очередь медно-порфировых, — это выявление рудно-магматических систем (РМС) «порфирового» типа, эквивалентных ППР. Такие системы, сложенные породами рудоносных (продуктивных) вулканоплутонических ассоциаций (ВПА), отличаются крупными масштабами (площадь сотни—первые тысячи квадратных километров) и комплексной металлогенией. В их внутренних частях, преимущественно в эндо-экзоконтактовых зонах штоков (даек) завершающих порфировых фаз плутогенных формаций ВПА, обычно локализованы медно-порфировые и жильные золото-кварцевые месторождения гипабиссально-субвулканического уровня образования; во фланговых — мезотермальные жильные золото-полисульфидные, скарновые медно- и полиметалльно-железные (в карбонатных породах); во внешних (верхних и периферийных), в породах вулканогенных формаций ВПА, — эпitherмальные стратойдные и жильно-прожилковые золото-медные и золото-серебряные (с интенсивной и слабой сульфидизацией), медно-мышьяковые, мышьяково-сурьмяно-ртутные и серные.

Строение РМС зависит от обстановок формирования. В их объеме часто совмещены разновозрастные продукты рудогенеза, связанные как с тектономагматическими процессами различных этапов формирования ВПП, так и с «допоясной» металлогенией структурно-вещественных комплексов их субстрата (И.Ф.Мигачев, 1993, 2006).

Изучение геологического строения и металлогении ВПП восточных регионов России позволило выявить РМС «порфирового» типа и установить, что их структура и ресурсный потенциал зависят от обстановок становления рудоносных ВПА. По этим обстановкам и результирующим пространственно-временным соотношениям вулканогенных и плутогенных формаций ВПА и сопряженных с ними проявлений разнотипной рудной минерализации выделены четыре группы (модели) РМС (В.С.Звездов, О.В.Минина, 2010). К первой отнесены системы, возникшие при становлении рудоносных интрузивов на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими депрессиями, ко второй — РМС в крупных многофазных плутонах магматогенных поднятий субстрата ВПП с редуцированным развитием

комагматических вулканитов, к третьей — системы типа «вулкан над интрузивом» в поднятых блоках фундамента ВПП. Для РМС этих групп характерна соответственно латеральная, латерально-вертикальная и вертикальная магматическая и рудно-формационная зональность. К четвертой группе отнесены РМС, близкие по строению к системам третьей, но отличающиеся «сжатостью» по вертикали и совмещением разнотипной минерализации в ограниченных объемах зон рудоотложения. Для рассмотренных обстановок, первая из которых наиболее перспективна для обнаружения молибден-медно-порфировых и золото-серебряных, а вторая — медно-молибден-порфировых (с золотом) месторождений, разработаны интегрированные прогнозно-поисковые модели РМС с описанием прямых и косвенных поисковых критериев и признаков. Эти модели использованы для выделения ПРР, рекомендованных для поисков слабоэродированных и скрытых месторождений названных типов.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ ЗОЛОТА В ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Б.С.Зеликсон (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), bzelikson@yandex.ru

BIOGEOCHEMICAL EXPLORATION FOR GOLD IN THE MOUNTAINOUS TAIGA LANDSCAPES

B.S.Zelikson

Основанием для развития биогеохимических методов и внедрения их в практику геолого-поисковых работ послужила низкая эффективность традиционных литохимических методов при поисках на закрытых площадях, занимающих до 80% территории горно-складчатых районов Восточной Сибири. Теоретическая основа глубинных методов поисков, в том числе биогеохимических, базируется на процессах восходящей миграции химических элементов в жидкой и газообразной фазах (диффузия, капиллярный подъем).

Опытнo-методические исследования по выбору наиболее информативного вида или органа растения при поисках золота в условиях среднегорной тайги проведены в пределах Олимпиадинского рудного поля. Опробованы различные виды (береза, ель, пихта, кедр) и органы (кора, ветви с листьями (хвоей), древесина, корни) доминантных древесных растений, черничник, сфагновые мхи, лесная подстилка. Одновременно опробовались гумусовый и иллювиальный горизонты почв и верхние горизонты коры выветривания. Пробы растений высушивались и озолялись в муфельных печах. Золото определялось атомно-абсорбционным методом, элементы-спутники — приближенно-количественным спектральным анализом.

Статистические расчеты показали, что фоновые содержания Au в золе опробованных разностей достаточно близки (6–14 нг/г). Рудоносные зоны, перекрытые рыхлыми отложениями мощностью до 6 м, отчетливо фиксируются аномальными содержаниями Au в большинстве видов и органов опробованных растений. Наиболее высокие содержания Au, в 10–15 раз превышающие его содержания в почвах, установлены над золотоносными корами выветривания в сфагновых мхах (до 1500 нг/г) и лесной подстилке (до 720 нг/г). Все виды и органы растений, образующие контрастные аномалии над рудными телами, отличаются безбарьерным характером накопления золота, о чем свидетельствует прямо пропорциональная зависимость между содержаниями золота в системе растение – верхние горизонты коры выветривания.

Установлено, что наиболее информативными при поисках золота в условиях среднегорной тайги являются сфагновые мхи. Они распространены практически повсеместно, обладают достаточно высокой зольностью и легко отбираются в пробу. Мхи очень гигроскопичны, способны активно накапливать и удерживать воду и растворенные в ней соединения, масса которой в 30–40 раз превышает массу самого мха.

Элементный состав сфагновых мхов и сопоставление его с составом почвенного субстрата по данным поисковых работ, проводившихся в пределах рудного района Ричардсон (Аляска), на основании анализа 140 проб, выполненного методом ICP в лаборатории Bondar Clegg (Канада), показали, что их геохимические спектры идентичны. Кроме того, все корреляционные связи, выявленные для элементов в почвах, сохраняются и в сфагновых мхах. Зола сфагновых мхов обогащена Ca, Sr, Zn, Mn, Mg, Na, Cu, в меньшей мере Au, Ag. Содержания Mo, Ni, As, Fe, Pb и в особенности Co, Ti, Cr в почвах значительно выше.

Результаты поисковых работ в пределах рудного района Ричардсон показали, что биогеохимические аномалии четко отражают структурные особенности района, в частности приуроченность золотоносных метасоматитов к кольцевым разломам (С.С.Вартанян, В.П.Новиков). На полностью перекрытом золотыми отложениями (мощность до 3 м) участке Баннер Дайк при заверке биогеохимической аномалии в шурфах вскрыта зона кварц-мусковит-серицитовых метасоматитов с содержаниями Au n -г/т, Ag до 170 г/т и высокоаномальными концентрациями As, Sb, Pb. Положительные результаты получены также при опробовании сфагновых мхов над золотоносными россыпями Енисейского кряжа, Северного Урала и Северной Бурятии.

ТЕХНОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА 3D-MODEЛЕЙ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗМЕИНОГОРСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ, РУДНЫЙ АЛТАЙ

А.А.Зиновьев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru

DEVELOPMENT OF 3-D MODELS AND THEIR APPLICATIONS IN PROGNOSIS OF AND EXPLORATION FOR MASSIVE SULFIDE BASE METAL MINERALIZATION IN ZMEINOGORSK ORE CLUSTER, RUDNY ALTAI

A.A.Zinov'ev

Основой прогноза и поиска колчеданно-полиметаллических месторождений является система моделей месторождений («Модели месторождений благородных и цветных металлов». — М.: ЦНИГРИ, 2002). Современные геолого-поисковые модели создаются, как правило, в ГИС и включают план месторождения, серию наиболее представительных разрезов, геофизическую, геохимическую и другую графическую информацию, СУБД, содержащую описание свойств элементов модели. В связи с тем что такие модели представлены серией изображений на плоскости, полноценно описать типовые обстановки локализации месторождений они не могут. Расчеты по ним объемных характеристик геологических тел, изменчивости морфометрических параметров среды, распределения содержания полезных компонентов руд и их отражения в геохимических и геофизических полях весьма затруднительны. По этой причине представляется необходимым переход на геологическое 3d-моделирование.

На данный момент для создания объемных геологических моделей существует достаточное количество программных продуктов, имеются различные математические алгоритмы преобразования 2d-изображений в 3d-объекты. В технологию создания геологических 3d-моделей в отличие от обычного 3d-моделирования входят:

- топографическая привязка объектов модели в различных координатных системах (поддержка ГИС);
- визуализация рельефа местности, отображение пробуренных скважин, канав и т.п., отображение геологических тел, составляющих элементы модели, и их основных характеристик;
- конструирование разрезов по произвольным плоскостям;
- управление изображением отдельных элементов модели (прозрачность, выделение каркасов поверхности, построение изолиний и т.д.);
- встроенная СУБД, содержащая данные о морфологии рудных тел и рудовмещающих отложений, зональности содержания основных компонентов и т.п., с применением статистических методов для решения геологических задач;
- импорт данных существующих баз в различных форматах.

Для пробного построения 3d геолого-поисковой модели выбраны две программы: пакет ArcGIS от ESRI и RockWorks от Rockware. За основу модели принято хорошо изученное Корбалихинское месторождение, исходные материалы по которому представлены серией продольных и поперечных разрезов и планов горизонтов.

Создание 3d-модели месторождения позволило уточнить принадлежность геологических тел к рудовмещающим, надрудным и подрудным отложениям, параметры этих отложений, их соотношение с рудной зоной и отдельными рудными телами. Пространственный литолого-фациальный анализ показал форму, объем и параметры вулканопаратов и их соотношение с рудными телами. Анализ этих закономерностей позволяет экстраполировать рудоконтролирующие факторы, отображенные в 3d-модели, на территорию рудного поля для оценки обстановок, сходных с модельными, и рассчитывать коэффициенты сходства.

В дальнейшем планируется создание базы 3d-моделей колчеданно-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района как основы его прогнозной оценки. Кроме того, рассматривается возможность отображения в трехмерных моделях изменений положения, формы и состава геологических пород во времени для проведения палеореконструкций на определенные этапы формирования и построения преобразования эталонных объектов.

О НЕКОТОРЫХ ПУТЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА АЛМАЗЫ

Н.Н.Зинчук (ЗЯНЦ АН РС (Я), nnzinchuk@rambler.ru)

ON THE WAYS TO ENHANCE THE DIAMOND EXPLORATION EFFICIENCY

N.N.Zinchuk

Несмотря на сравнительно продолжительное изучение коренной алмазности древних платформ мира (Сибирской, Восточно-Европейской, Африканской и др.), ряд вопросов для каждой из них требуют дополнительных исследований. Так, для Сибирской платформы к числу нерешенных вопросов можно отнести проблемы коренных источников на перспективных территориях Иркутской области и Красноярского края, алмазов «эбеляхского» типа, а также причины разной продуктивности кимберлитовых полей Анабарской и Вилуйской субпровинций, связанных с единым протолитом. Серьезного осмысления требуют обширные материалы, касающиеся радиологического датирования алмазности и потенциально алмазности магматитов, роли разломов, авлакогенов, геофизических характеристик разных по перспективности площадей и кимберлитовых полей основных субпровинций. Необходим комплексный дополнительный анализ устоявшихся представлений об эпохах становления кимберлитов Сибирской платформы, из которых практически значимыми признаются только среднепалеозойская и, с большими оговорками, триасовая. При этом отмечается общее падение продуктивности от центра провинции к периферии, объясняемое разными причинами. В то же время, на Африканской платформе все временные интервалы кимберлитобразования (их число соответствует таковым на Сибирской платформе) промышленно алмазны.

Нами на основании проведенного анализа общей позиции алмазности и неалмазности кимберлитов рассмотрен процесс становления продуктивных магматитов в пределах Сибирской платформы по временным срезам-этапам палеогена и неогена, позволяющий увидеть, что отдельные части алмазности региона оказываются в те или иные временные интервалы в различных историко-минерогенетических провинциях. Их пространственное совмещение отражает миграцию кимберлитобразования в пространстве и времени с той детальностью, которую позволяет современный уровень наших знаний. Под историко-минерогенетическими провинциями подразумеваются площади континентов и океанических бассейнов Земли с массовым проявлением аккумуляций рудного и нерудного вещества, сформировавшихся в течение определенного историко-минерогенетического этапа.

Для повышения эффективности и полноты опробования территории Сибирской платформы нами рекомендовано усилить исследования в пределах следующих историко-минерогенетических провинций — ранне-позднекембрийские (*Алданская, Усть-Ленская, Приенисейская*), рифейские (*Анабаро-Оленекская, Ангара-Тунгусская, Алдано-Становая*), раннепалеозойские (*Вилуйская, Анабаро-Оленекская*), раннегерцинские (*Вилуйская, Ангара-Оленекская, Ангара-Тунгусская*), позднегерцинские (*Анабаро-Оленекская, Ангара-Тунгусская*), киммерийские (*Нижнеленская, Алданская*), лампроиты и кимберлиты *Северного Таймыра*), раннеальпийские (*Нижнеленская, Алданская*), позднеальпийские (*Нижнеленская, Алданская*), которые могут дополнить данные об алмазности этих периодов, наряду с открытыми коренными высокоалмазными месторождениями среднепалеозойского возраста. Важность этой мысли подтверждает и принадлежность кимберлитов недавно открытого высокоалмазности Накынского поля Среднемархинского района к новой для Сибирской платформы раннепалеозойской эпохе мощного корообразования и кимберлитового магматизма. В настоящее время этот район с уже открытыми трубками (Ботуобинская, Нюрбинская, тело Майское) — самый перспективный как для поисков новых коренных и россыпных месторождений, так и их промышленной разработки. Это вселяет надежду на то, что в пределах провинции, столь похожей по геологическому строению на Африканскую платформу, со временем будут открыты алмазности тела и остальных эпох кимберлитобразования. Кроме упомянутых выше перспективных разновозрастных историко-минерогенетических провинций, следует особое внимание уделить изучению ряда перспективных территорий и участков, в частности нижнекаменноугольных и триасовых отложений северо-востока Сибирской платформы, что может привести к открытию коренных источников, не традиционных для платформы возрастов.

ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК В СВЯЗИ С ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫМИ РАБОТАМИ НА АЛМАЗЫ

Н.Н.Зинчук (ЗЯНЦ АН РС (Я), nnzinchuk@rambler.ru)

DIAMOND EXPLORATION AND THE TYPE KIMBERLITE PIPE EXPLORATION MODELS

N.N.Zinchuk

Кимберлитовые трубки всех алмазоносных провинций мира характеризуются большим разнообразием размеров, морфологии, глубины заложения очагов, внутреннего строения, особенностей заполняющих пород, содержания и состава глубинных (первичных) минералов, а также основной массы кимберлитов, степени и характера переработки последних постмагматическими растворами в гипергенных условиях, содержания, морфологии и физических свойств алмазов и других признаков. Некоторые перечисленные особенности кимберлитов обусловлены проявлением эндогенных факторов, а часть — экзогенных. Несмотря на то что каждое кимберлитовое тело представлено индивидуальным, практически не повторяющимся в природе, объектом, между ними существует определенное сходство, что позволяет для каждой из платформ создать обобщенную модель алмазоносной трубки.

В модели алмазоносной трубки *Сибирской платформы* нашли отражение переход вертикального канала диатремы в подводящую дайку, особенности взаимоотношения кимберлитовых тел с траппами, а также характер сопряженности системы тел: главная трубка — сателлит — подводящая и дотрубочная дайки. При построении модели учтено тело кимберлитов (раздвиг кимберлитовой дайки), вскрытое карьером в разрезе кембрийских отложений около трубки Удачная, и пластовое тело (своеобразный «силл»), обнаруженное в отложениях, вмещающих трубку Интернациональная. Уничтоженная эрозией верхняя часть большинства трубок Мало-Ботуобинского и Средне-Мархинского районов (до 300 м) реконструирована на обобщающей модели благодаря сведениям о слабо эродированных трубках Далдыно-Алакитского и других северных районов. На разведанную глубину вмещающими породами трубок служат нижнепалеозойские терригенно-карбонатные образования. В кимберлитовых диатремах Сибирской платформы выделяются (снизу вверх): корневая часть — подводящий канал в виде дайкового тела, вулканический (вертикальный) канал и раструб (воронкообразное расширение), венчающийся в незэродированных аппаратах кольцевым валом. Каждая из этих частей трубок сложена породами с определенными вещественными и структурно-текстурными особенностями, создающими своеобразную вертикальную зональность коренных месторождений алмазов.

Кимберлитовые трубки на *Восточно-Европейской платформе* отличаются от классических кимберлитов Сибирской и Африканской платформ. Вмещающие породы этих трубок — монотонно чередующиеся слабо сцементированные аргиллиты, алевролиты и песчаники. Форма большинства трубок изометричная, близкая к округлой (некоторые вытянуты в северо-восточном направлении), что вызвано рыхлым характером среды, в которую внедрялась кимберлитовая магма. На самых верхних горизонтах слабо эродированных трубок в пределах кратера развита толща вулканогенно-осадочных пород озерного типа. Породы жерла представлены вулканическими образованиями. Продуктивные кимберлиты Архангельской алмазоносной провинции принадлежат к малоспутниковому типу.

Большинство кимберлитовых трубок *Африканской платформы* выходят на дневную поверхность. Верхняя часть их раструба нередко по форме подобна шляпе гриба, края которой переходят в кольцевой вал, сформированный выбросами собственно эндогенного материала и пород, прорванных кимберлитовой колонной. Морфология кимберлитовых тел разнообразна: распространены кимберлитовые тела и дайки, нередко силлы. Вмещающие породы африканских кимберлитов — широкий комплекс осадочных и изверженных пород, которые влияют на морфологию тел, характер вторичных изменений и химический состав пород. Большинство кимберлитовых трубок высокоспутниковые, и химический состав их служит эталоном для этого типа пород.

Проведенное сравнительное изучение кимберлитов различных платформ мира показало наличие как общих, так и отличительных черт, однако практически применять составленные модели целесообразно только для конкретного региона. Существуют некоторые общие признаки на уровне групп трубок, кимберлитовых полей, минерагенических зон, субпровинций, позволяющие создавать модели разного ранга для их эффективного использования при прогнозно-поисковых и проектных работах на каждой конкретной платформе и в конкретных алмазоносных районах.

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ РУДНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

Т.М.Злобина, Ю.Г.Сафонов (ИГЕМ РАН), ztatiana@igem.ru

STRUCTURAL AND DYNAMIC MODELS OF PROCESSES RESULTING IN LOCAL DEPOSITION OF ECONOMIC AU AND AG CONCENTRATIONS: PHILOSOPHY OF DEVELOPMENT

T.M.Zlobina, Yu.G.Safonov

Моделирование геологических обстановок и процессов образования разномасштабных рудных концентраций относится к числу тех действенных направлений металлогенического прогнозирования, поисков и оценки месторождений, которые создавались А.И.Кривцовым и разрабатывались при его активном участии. Основные понятия и подходы раскрыты им в серии публикаций и отражают перспективы дальнейшего развития методологии моделирования. К числу перспективных, особенно в части комплексных моделей месторождений и локальных металлогенических обстановок формирования гидротермального оруденения, авторы относят структурно-динамические модели. Рудоконтролирующие структуры являются почти обязательным элементом в построении моделей указанных рангов. Однако динамические режимы формирования (развития) этих структур, как и функциональных структурных элементов — рудоподводящих, рудовмещающих, анализируются редко и главным образом в рамках палеогидродинамических систем. Анализ динамических условий рудообразования предполагает, как правило, разграничение обстановок сжатия–растяжения, определение типов смещения блоков по разломам. Редко реконструируются строение и прогрессивное изменение полей напряжений, но часто прогноз месторождений связывается с аккреционным, коллизионным или субдукционным режимами становления металлогенических террейнов без их конкретного обоснования. Практически не учитывается своеобразная геодинамика быстрых кратковременных сейсмотектонических процессов, огромный энергетический потенциал которых более эффективно влияет на непосредственное формирование структур месторождений и развитие рудообразующих систем, чем медленные плейттектонические процессы.

В настоящее время существенно изменились представления о генетической однородности рудных гигантов — выделены полигенные месторождения. Новые изотопные данные о соотношениях рудообразующих гидротермальных флюидов, поступающих из различных источников (коровых, мантийных и др.) в сферу рудоотложения, свидетельствуют о том, что необходимо искать новые подходы к исследованиям динамических процессов не только в сфере рудоотложения, но и по всему вертикальному диапазону развития рудообразующих систем. Основой методологии подобных исследований являются представления о том, что структуры месторождений — это отражение многократных (в истории формирования месторождения) динамических процессов различного уровня, развивающихся на каждом этапе тектонической активизации прогрессивно, но в рамках своего геодинамического режима, формирующего систему взаимосвязанных дислокаций. Дислокации низшего иерархического уровня обуславливают локальное перераспределение напряжений и перестройку поля высшего уровня, изменяя при этом и релаксационные механизмы.

В связи с развитием современных комплексных (структурно-геофизических) методов реконструкции ориентировок главных силовых векторов полей напряжений появилась возможность изучения закономерностей изменчивости локальных динамических полей и их релаксационных механизмов в пространстве и во времени. На современном уровне знаний это позволяет моделировать кратковременные дислокационные процессы, имевшие принципиально отличавшуюся кинематику, но взаимосвязанные системой последовательного взаимодействия динамических полей различного ранга и природы.

Выделены основные геодинамические механизмы развития дислокационных процессов, которые формируют комбинации линейных и нелинейных (вихревых) дислокаций при локальной активизации сейсмофокальных и магнитных полей. На примерах месторождений золота и серебра рассмотрены модели интратрудных линейных и нелинейных дислокаций, их возможные сочетания, а также модели динамических механизмов, позволившие объяснить практически одновременное образование прожилкового и вкрапленного оруденения. Распознавание кратковременных линейных и нелинейных дислокаций дает возможность с большей степенью вероятности моделировать не только структуру рудных тел, этапы и стадии рудообразования, но и динамические механизмы миграции флюидов из источников в сферу рудоотложения.

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХНЕАМЫЛЬСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО УЗЛА В ЗАПАДНОМ САЯНЕ

Н.Е.Зобов, П.П.Курган'ков, Т.Я.Корнев (ГПКС КНИИГиМС), mail@kniigims.ru

THE UPPER AMYL'SK GOLD ORE CLUSTER, WEST SAYAN: AN EXPLORATION MODEL

N.E.Zobov, P.P.Kurgan'kov, T.Ya.Kornev

В северо-восточной части Западного Саяна в пределах Куртушибинского офиолитового пояса выделен Верхнеамыльский золоторудный узел с апробированными ЦНИГРИ прогнозными ресурсами золото-сульфидно-кварцевых руд 80 т по категории Р₃. На этой площади с 2009 г. ГПКС КНИИГиМС проводит поиски рудного золота при методическом сопровождении ЦНИГРИ. Перспективные участки опробованы комплексом методов, включающих геологические маршруты, геохимические, геофизические, горные, буровые и лабораторные работы. Изучается вещественный состав руд, их обогатимость. В результате построена карта золотоносности м-ба 1:25 000 с картами-врезками, разрезами. Адаптирована к условиям поисков геолого-поисковая модель, которая представляется следующим образом.

Группа критериев, признаков	Содержание критерия, признака
Формационные, литолого-стратиграфические	Риолит-пикрит-базальтовая с элементами углеродисто-кремнистой, поздний рифей. Толетовый и известково-щелочной островодужный комплекс. Горизонты осадочно-вулканогенных пород с преобладанием вулканитов кислого состава и проявлением контрастных серий субвулканических и интрузивных образований
Структурные	Грабен-синклиналь. Напряженная изоклиальная складчатость. Тектонизированные зоны мощностью >1 км. Узлы пересечения долгоживущих разломов — участки «повышенной проницаемости»
Метасоматические	Поля пропилитизации, березитизации, зоны наложенного прожилково-штокверкового окварцевания
Минералогические	Поля сульфидно-кварцевой (кварц-карбонатной) прожилково-вкрапленной минерализации. Проявление самородного золота, пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, шеелит. Шлиховые ореолы золота, пирита пентагондодекаэдрического габитуса, шеелита. Проба Au 859‰ (791–938‰). Минеральные типы руд — золото-пиритовый, золото-пирит-арсенопиритовый, золото-пирротин-арсенопиритовый, золото-кварцевый
Морфология рудных тел	Стратоидные согласные тела, линейные и изометричные минерализованные кварцево-сульфидные зоны
Вторичные ореолы рассеяния	Основной информативный элемент Au. Минимально аномальная концентрация Au 0,003 г/т (1). Изоконцентраты Au 0,01 г/т над гидротермально-метасоматически измененными породами; комплексные ореолы Au с As, Cu, Pb, Zn, Ag, W, Sb, Mo (2)
Геофизические	Краевые зоны линейных аномалий вызванной поляризуемости (ϕ_k 0,7–2%), высокие значения электрических сопротивлений (P_k 100–3100 Ом). Зоны пространственного совмещения аномалий электронной проводимости и кажущегося сопротивления. Градиенты магнитного поля

По состоянию на 01.01.11 локализованы и опробованы прогнозные ресурсы Au 20 т.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СЕВЕРНОГО УРАЛА

Т.П.Зубова, О.А.Агибалов, Е.А.Черемисина, Н.М.Иванов, А.Н.Краснов, Л.В.Шатилова, А.В.Кондратьев, Н.Н.Позднякова, А.Г.Шубин, С.В.Яблокова, В.П.Филиппов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), tanzu3011@mail.ru

EAST SLOPE OF THE NORTHERN URALS: GOLD POTENTIAL OF THE WEATHERING PROFILE SEQUENCES

T.P.Zubova, O.A.Agibalov, E.A.Cheremisina, N.M.Ivanov, A.N.Krasnov, L.V.Shatilova, A.V.Kondrat'ev, N.N.Pozdnyakova, A.G.Shubin, S.V.Yablokova, V.P.Filippov

Важный резерв воспроизводства минерально-сырьевой базы золота на территории Северного Урала — золотоносные коры выветривания, большие перспективы которых связаны с Ауэрбаховско-Краснотурьинской металлогенической зоной. На восточном склоне Северного Урала коры выветривания сохранились в пределах эрозионно-структурных депрессий, в том числе перекрытых мезозойско-кайнозойским чехлом. Перспективными для этой территории являются глинистые золотоносные коры выветривания.

Наиболее детально золотоносные коры выветривания изучены на Воронцовском месторождении, выделенном в качестве эталона. В его пределах развиты глинистые коры выветривания неполного профиля, соответствующего стадии гидратации – начального гидролиза. По морфологическим особенностям выделяются остаточные линейно-трещинные, контактово-карстовые и переотложенные коры выветривания в карсте. В выделенных типах кор коренное оруденение претерпело характерные изменения морфологии рудных тел, вещественного состава, типоморфизма золота. Переходы между разными типами руд преимущественно постепенные, за исключением карста, связанного с обрушением.

Существует тесная пространственная и генетическая связь золотого оруденения и экзогенных скоплений (кора выветривания и россыпь) на большей части рассматриваемой территории. Подобная геологическая позиция характерна для Ивдельского рудно-россыпного района, перспективного на выявление рудных и экзогенных месторождений золота. В пределах рудно-россыпного района выделено несколько участков с золотоносными корами выветривания, сформированными по метасоматически измененным туфам среди известняков. По результатам минералогического анализа проб, отобранных из канав и керноскважин, установлено три типа самородного золота: крупное из кварцевых жил вблизи даек габбро-диабазов; мелкое трещинно-прожилковой формы из зон окварцевания и серитизации; тонкое, связанное с сульфидной минерализацией в метасоматически измененных породах полевошпат-кварцевого состава.

Степень гипергенных преобразований в профиле коры выветривания нарастает снизу вверх, что выражается в изменении вещественного состава золотого оруденения (включая самородное золото) и вмещающих его пород.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СИСТЕМЕ ЛИЦЕНЗИОННОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

А.С.Зулькарнаев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), kms@tsnigri.ru

EFFECTIVENESS OF THE MINERAL BASE REPLENISHMENT AS GOVERNED BY THE LICENSE-BASED SUBSOIL USE SYSTEM

A.S.Zul'karnaev

Воспроизводство минерально-сырьевой базы (МСБ) в системе лицензирования определяется комплексным воздействием выявленных и структурированных управляющих факторов: геологических, правовых, экономических (конъюнктурных и инвестиционных), организационных. Вероятностный характер результатов воздействия геологических факторов предопределяет многовариантный подход к планированию воспроизводства МСБ. При этом МСБ представляет собой не только сумму запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых разной степени достоверности, но также геологическую информацию и географическое размещение участков недр, содержащих эти запасы и прогнозные ресурсы. В

настоящее время нет установленной методики оценки состояния минерально-сырьевой базы. Развитие и воспроизводство МСБ ведется как за счет средств федерального и региональных бюджетов (в рамках целевых программ и Долгосрочной программы геологического изучения недр...), так и за счет средств недропользователей. Причем на долю последних приходится от 60 до 70% объема годового финансирования геологоразведочных работ. Ежегодно территориальные органы и центральный аппарат Роснедра проводят несколько сотен аукционов и конкурсов.

Эффективность воспроизводства минерально-сырьевой базы обосновывается критериями оценки ее функционального состояния как системы, элементами которой являются геологическая информация, прогнозные ресурсы и запасы, находящиеся в динамическом взаимодействии и управляемые механизмом лицензирования фонда недр.

Прогнозная добыча выражается следующим образом:

$$y_{t+1} = f(y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-n}) \Rightarrow (y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_{t+n}).$$

Суммирование этих значений дает накопленный прогнозный объем добычи на n -й год:

$$y_{t+1} + y_{t+2} + \dots + y_{t+n} = \Sigma y_{t+n}.$$

Обеспеченность запасами может определяться для текущего объема добычи (текущая обеспеченность) и с учетом прогноза добычи (прогнозная обеспеченность). Кроме того, обеспеченность запасами может быть определена для определенного момента в будущем и выражаться следующим образом: $Об = Доб/Зап, \%$, где Доб — объем добычи за период времени t , Зап — объем запасов за период времени t . Тогда $(y_{t+1}/Зап, y_{t+2}/Зап, \dots, y_{t+n}/Зап)$ — ряд значений обеспеченности текущими запасами прогнозной добычей для периода с 1-го до n -го года.

В динамическом выражении этот ряд будет выглядеть так:

$(y_{t+1}/(Зап_1 + Разв_1), y_{t+2}/(Зап_1 + Разв_1), \dots, y_{t+n+1}/(Зап_1 + Разв_1))$ — ряд, рассчитанный на 1-й год,

$(y_{t+1}/(Зап_2 + Разв_2), y_{t+2}/(Зап_2 + Разв_2), \dots, y_{t+n+2}/(Зап_2 + Разв_2))$ — ряд, рассчитанный на 2-й год,

$(\dots, \dots, \dots, \dots),$

$(y_{t+1}/(Зап_i + Разв_i), y_{t+2}/(Зап_i + Разв_i), \dots, y_{t+n+i}/(Зап_i + Разв_i))$ — ряд, рассчитанный на i -й год.

Приведенные значения позволяют оценить состояние минерально-сырьевой базы в настоящее время и с учетом прогнозируемого изменения объемов добычи, а также предсказать сроки истощения МСБ и указать на требуемые изменения в движениях запасов для достижения более благоприятного состояния МСБ.

Планирование лицензионного недропользования на основе текущей и прогнозируемой обеспеченности запасами твердых полезных ископаемых с учетом прогноза добычи их основных видов производится путем статистического анализа результатов моделирования оценки динамики состояния МСБ. Результатом лицензионного планирования могут служить ежегодные перечни участков недр, предлагаемых для выставления на аукционы, конкурсы или на заявочной основе для проведения геологического изучения. Методическое обоснование количества участков с определенной степенью изученности, выражаемое в передаваемых прогнозных ресурсах, может быть решением задачи повышения эффективности воспроизводства МСБ в системе лицензионного недропользования.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ВЕДЕНИЯ БАЗ И БАНКОВ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СОПРОВОЖДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

Е.В.Иваненкова, А.А.Конкина, А.А.Зиновьев, С.Л.Елшина (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru

SUPPORT OF GEOLOGICAL EXPLORATION WITHIN THE RF PART OF RUDNY ALTAI: DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE GIS-RELATED DATA BASES AND DATA BANKS

E.V.Ivanenkova, A.A.Konkina, A.A.Zinov'ev, S.L.Elshina

Геоинформационная система сопровождения (ГИС) геологических и прогнозно-минералогических карт российской части Рудного Алтая направлена на сопровождение и поддержку научно-исследовательских и геологоразведочных работ для обоснования переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая в целях разработки основы для создания ведущего в Российской Федерации центра по добыче свинца и цинка. Для решения геологических задач создана геоинформационная система, содер-

жающая данные в формате ArcGIS, базы данных Access и документы Word. Основой является Комплект цифровых карт м-ба 1:200 000. В него входят карты, отражающие геологическое и тектоническое строение геологического объекта, геохимические, геофизические и др. На карту вынесены известные в пределах рудных районов месторождения (в том числе эталонные), рудопроявления и точки минерализации, а также ряд перспективных площадей. Для всех объектов заполнены атрибутивные таблицы. С этих карт возможен переход ко всем остальным данным.

В систему входят предварительные цифровые литолого-фациальные карты-врезки м-ба 1:25 000, цифровые модели месторождений. Для автоматизации построения карт на основе унифицированной легенды принят метод подгрузки специально созданных и пополняющихся стилей в ArcGIS. Для этого создана база данных в формате Access, в которой хранятся уникальные коды различных геологических объектов (типов пород, их литолого-фациальной, структурно-формационной и стратиграфической принадлежности). По полю кода происходит связывание атрибутивных таблиц с базой данных. В дальнейшем при подключении к ГИС созданного стиля настраивается легенда для определенных слоев по различным полям.

В геоинформационную систему входит также электронная база данных первичной геологической, геофизической и геохимической информации по пробуренным в ходе проекта скважинам на изучаемых площадях Рудного Алтая. База разработана, прежде всего, для унификации информации, получаемой от различных источников, облегчения и ускорения ее приведения к общей геологической картине, возможно, изменяемой по мере получения дополнительной информации. Это позволяет при проведении полевых работ динамично осуществлять их визуализацию. Основой функционирования базы является индексация всей имеющейся исходной информации по ключевым позициям, анализ получившихся связей по задаваемой пользователем схеме (как с помощью фильтрации, так и комбинацией результатов) и вывод полученной информации в удобном для восприятия и аналитического анализа виде. Иллюстрация выдаваемой геологической информации поддерживается фотографиями геологических пород в кернах пробуренных скважин, а именно полевыми фотографиями сухого и мокрого керна (микро- и макроформата), а также изображениями колонок. В базе представлены электронные таблицы с данными химических анализов образцов, описанием керна по результатам полевого исследования, лабораторного петрографического анализа шлифов и аншлифов и комментирование любого этапа различными экспертами.

В результате получена геоинформационная система, функционирующая как единое целое. При пользовании системой возможен просмотр любой имеющейся информации по графическим приложениям и объектам баз данных, которые имеют отношение к выбранной точке на карте м-ба 1:200 000. Доступ к информации осуществляется с помощью специально созданного инструмента, позволяющего для выбранного объекта на карте вызвать меню со списком, из которого можно выделить необходимый пункт, например карту-врезку, модель месторождения или какой-либо объект базы данных.

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ОБСТАНОВОК ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЙ ПРОВИНЦИИ И КОМПЛЕКС МЕТОДОВ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

А.И.Иванов (ЗАО «Сибирская геологическая компания»), В.Д.Конкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), Ю.Л.Агеев (ЗАО «Сибирская геологическая компания»), А.Л.Галямов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), ivanov@sibgk.ru, tsnigri@tsnigri.ru

EXPLORATION MODELS OF THE FORMATIVE ENVIRONMENTS OF GOLD DEPOSITS IN THE BAIKAL-PATOMA PROVINCE AND RELATED EXPLORATION TECHNIQUES

A.I.Ivanov, V.D.Konkin, Yu.L.Ageev, A.L.Galyamov

Формирование геолого-поисковых моделей, отвечающих конкретным металлогеническим обстановкам образования золоторудных месторождений, базируется на типовых моделях разноранговых металлогенических таксонов ведущих геолого-промышленных типов месторождений с учетом рудоконтролирующих факторов, критериев и признаков золотоносности. В зависимости от формационного строения, тектонической позиции, характера и интенсивности проявления складчатости, метаморфизма, магматизма и специфики метасоматических преобразований выделяются основные металлогенические обстановки: *Кевактинская* — в породах раннепротерозойского фундамента и нижнерифейских отложениях на пери-

ферии и в провесах кровли гранитокупольных структур, *Бодайбинская* — в верхнерифейско-вендских толщах с проявлением регионально-метаморфических, тектонических и вещественных преобразований на периферии гранитогнейсовых куполов, в надынтризивных и околоинтризивных зонах палеозойских гранитных массивов, *Дальнетайгинская* — в среднерифейских и средне-верхнерифейских отложениях в надкупольных зонах реоморфических гранитоидных куполов, *Додыхтинско-Уряхская* — в среднерифейско-вендских отложениях и палеозойских гранитоидах в зоне деформаций в связи с глубинным разломом, разделяющим структуры Байкало-Патомской провинции и Байкало-Муйского пояса.

Металлогенические зоны и рудные районы провинции с учетом особенностей типовых металлогенических обстановок выделяются по комплексу основных идентификационных признаков, к которым относятся палеоструктуры и режимы формирования терригенных и черносланцевых комплексов в конседиментационных впадинах и трогах шельфовой зоны и континентального склона, рудовмещающие формации, литолого-фациальные типы пород и др. Различие металлогенических зон и рудных районов определяется также геолого-минералогическими и ведущими рудно-формационными типами проявлений и месторождений золота, наличием и характером его геохимических ореолов и их ассоциаций, а также комплексом признаков коренной и экзогенной золотоносности.

Комплекс элементов геолого-поисковых моделей месторождений и проявлений золото-сульфидной и золото-сульфидно-кварцевой рудных формаций, определяющих основные типовые особенности рудных полей, в зависимости от типа металлогенической обстановки включает:

коренную и экзогенную золотоносность;

формационные и литолого-фациальные (углеродсодержащие терригенные и терригенно-карбонатные толщи с горизонтами, обогащенными сульфидами, участки резкой фациальной смены углеродсодержащих песчаниково-сланцевых флишеидных толщ, алевролиты, обогащенные углеродистым веществом, сочетания кварцитовидных и крупнозернистых песчаников и алевролитов);

структурные (пологие надвиги, межпластовые срывы и системы стратоидных кварцевых жил и прожилковых зон, участки дисгармоничной складчатости течения в призмковых частях мелких антиклинальных складок);

регионального метаморфизма (зоны в границах изоград биотита, граната и ставролита);

геохимические (локальные ореолы Au, As, Pb, Zn и преобладание элементов халькофильной группы над остальными);

минералогические (ареалы сульфидной, сульфидно-кварцевой, кварцевой и железисто-карбонатной прожилково-вкрапленной минерализации);

геофизические.

Последующий анализ пространственных соотношений элементов модели современными компьютерными методами позволяет определить их благоприятные сочетания и на этой основе выяснить позицию рудного поля и оконтурить потенциально перспективные участки для детализированных исследований в целях расширения флангов известных и выявления новых золоторудных объектов.

ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЕРОФЕЕВА–КОЛМОГорова для описания кинетики растворения асфальтосмолопарафиновых отложений

И.К.Иванова, А.А.Рыкунов, Е.Ю.Шитц (Институт проблем нефти и газа СО РАН),

iva-izabella@yandex.ru

THE DISSOLUTION KINETICS DESCRIPTION OF THE ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS USING THE KOLMOGOROV-EROFEEV EQUATION

I.K.Ivanova, A.A.Rykunov, E.Yu.Shitz

Цель исследования — определение кинетических характеристик процесса растворения тяжелых нефтяных отложений в гексане и модельном алифатико-ароматическом растворителе. В экспериментах использовали асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) парафинового типа, образующиеся на скважинном оборудовании при добыче нефти на Иреляхском месторождении. Исследование кинетики растворения АСПО проводилось гравиметрически при T 10, 25, 40 и 60°C. В качестве растворителей использовались гексан и бинарная смесь, состоящая из гексана и бензола (ГБС) в соотношении 1:1. Степень растворения определяли как отношение растворившегося АСПО к его взятой общей массе в образце. По

полученным кинетическим кривым растворения АСПО в гексане обнаружено, что скорость этого процесса существенно зависит от температуры. Геометрия формы полученных кривых показала, что растворение АСПО относится к классу реакций с максимальной начальной скоростью. Известно, что подобные процессы хорошо описываются уравнением Ерофеева–Колмогорова. Для перевода константы скорости реакции в размерность мин^{-1} использовали способ Саковича. Анаморфозы кинетических кривых имеют линейный характер, а высокие значения достоверности аппроксимации (r^2) всех анаморфоз подтвердили адекватность используемого уравнения. В тех случаях когда процесс протекал как реакция первого порядка, было рассчитано время, за которое половина количества АСПО перейдет в раствор (таблица).

Видно, что при низких температурах процесс разрушения АСПО в гексане протекает в диффузионной

**Кинетические характеристики процесса растворения АСПО
в различных УВ**

Образец	$T, ^\circ\text{C}$	n	r^2	$K, \text{мин}^{-1}$	$\tau_{1/2}, \text{мин}$
АСПО+гексан	10	$0,84 \pm 0,04$	0,990	$1,61 \cdot 10^{-2}$	-
	25	$0,97 \pm 0,03$	0,952	$4,89 \cdot 10^{-2}$	14,17
	40	$1,40 \pm 0,03$	0,976	$1,81 \cdot 10^{-1}$	3,82
	60	$1,74 \pm 0,11$	0,988	$2,96 \cdot 10^{-1}$	2,34
АСПО+гексан+ бензол	10	$0,99 \pm 0,07$	0,981	$3,10 \cdot 10^{-2}$	22,36
	25	$1,05 \pm 0,13$	0,975	$6,10 \cdot 10^{-2}$	11,36
	40	$1,04 \pm 0,11$	0,982	$1,53 \cdot 10^{-1}$	4,53
	60	$1,13 \pm 0,16$	0,993	$3,47 \cdot 10^{-1}$	2,00

области ($n < 1$). Но при его нагреве происходит переход из диффузионной области в кинетическую, т.е. при повышении температуры диффузионные процессы интенсифицируются, и скорость физико-химического взаимодействия компонентов АСПО с растворителем становится соизмеримой со скоростью их диффузии. Установлено, что опытные данные на графике в координатах $\lg K$ от $1/T$ располагаются на кривой линии. Это указывает на отклонение температурной зависимости константы скорости растворения АСПО в гексане от уравнения Аррениуса. В композиционном раство-

рителе реакция растворения АСПО при разных температурах имеет первый порядок, т.е. скорость растворения АСПО в ГЭС не ограничивается ни скоростью физико-химического взаимодействия на поверхности раздела фаз, ни диффузией. Выявлено, что процесс растворения АСПО в ГЭС подчиняется уравнению Аррениуса.

Таким образом, впервые установлено, что кинетика растворения тяжелых нефтяных отложений в различных углеводородных средах может быть описана основным уравнением, применимым для топохимических процессов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР, ВМЕЩАЮЩИХ АЛМАЗОНОСНЫЕ КИМБЕРЛИТЫ, НА ЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

П.А.Игнатов, И.Д.Васильев, К.В.Новиков, А.М.Шмонов (МГРИ-РГГРУ),
Petriognatov@gmail.com

MODELING OF STRUCTURES HOSTING DIAMONDIFEROUS KIMBERLITES IN BLANKETED TERRAINS

P.A.Ignatov, I.D.Vasil'ev, K.V.Novikov, A.M.Shmonov

Одним из важных направлений научной деятельности А.И.Кривцова было осуществление моделирования рудовмещающих структур. В рамках этого предлагается рассмотреть способы моделирования скрытых рудоконтролирующих структур на месторождениях алмазов.

В России на открытых территориях возможность обнаружения коренных месторождений алмазов практически исчерпана. Поэтому сегодня поиски проводятся на закрытых площадях, где мощность перекрывающих толщ достигает многих десятков метров. Главным инструментом при поисках является анализ данных бурения. Известные месторождения не имеют очевидной связи с тектоническими структурами, что осложняет их прогнозирование. Поэтому актуально моделирование скрытых тектонических и флюидоразрывных структур, связанных с кимберлитами, на основе анализа их признаков по керну поискового бурения во вмещающих и в меньшей мере перекрывающих осадочных толщах. Авторы, располагая уникальным фактическим материалом по специальной документации сотен тысяч погонных метров керна, проведенной в Накынском и Мирнинском полях Якутии и Зимнебережном районе

Архангельской области, реконструировали модели структур, в которых локализованы алмазоносные тела кимберлитов.

При создании моделей проводились: анализ генетических типов микродеформаций; установление их относительного возраста и картирование; выделение контрастных морфоструктур по региональным маркирующим горизонтам и поверхностям несогласий; картирование флюидоразрывных образований; изучение и картирование вторичной минерализации, включая фотолуминесценцию, изотопию углерода и кислорода кальцитов; структурно-петрофизические исследования; специальный анализ древних гипергенных образований; использование известных тектонодинамических моделей разрывных нарушений. Анализ выполнен в среде современных геоинформационных систем с использованием имеющейся геолого-геофизической информации.

Материалы, полученные по каждому методическому приему, обладают определенным «информационным шумом». Обработка результатов в ГИС-проекте позволяет минимизировать этот недостаток. Анализ микронарушений и вторичной минерализации в рудовмещающих глинисто-алеролито-песчаных отложениях венда – кембрия в Архангельской области, ввиду их слабого проявления, менее эффективен по сравнению с их изучением в карбонатных толщах кембрия и ордовика в Якутии, в которых они ярко выражены.

Полученные данные позволили построить сдвиговые модели, в которых локализуются алмазоносные кимберлитовые трубки (Ботуобинская, Нюрбинская, Архангельская) и дайки (Майская, Мархинская). Среди них распространены рудовмещающие модели зон duplex, tubular и accommodation. В ряде случаев они совмещаются в пространстве, поскольку отражают результаты телескопирования локальных участков растяжения, сформировавшихся на разных этапах тектонической активизации. На каждом месторождении соотношение этих структур различное, что определяет различную морфологию кимберлитов. Для кимберлитовых даек лучше подходят асимметричные комбинации зоны duplex, включая pull-apart и пересечения левых и правых сдвигов, для трубок — тубулярные зоны в местах пересечения древних сбросов сдвигами.

Вопросы моделирования, требующие дальнейшей разработки, следующие: оценка влияния поисковой сети буровых скважин; совмещение структур разного ранга; соотношение тектоногенных и флюидоразрывных структур, а также вертикальной и латеральной зональности рудовмещающих структур; количественный анализ имеющихся дискретных данных, включая применение метода конечных элементов.

ПРИРОДА АНИЗОТРОПИИ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

В.Л.Ильченко (Геологический институт КНЦ РАН), yadim@geoksc.apatity.ru

ANISOTROPY OF ELASTIC ROCK PROPERTIES AND ITS POSSIBLE APPLICATIONS IN EXPLORATION

V.L.I'chenko

Большинство горных пород представляют собой анизотропную твердую среду. Уровень анизотропии их упругих свойств зависит, в первую очередь, от их происхождения (осадочные или магматические) и геодинамических факторов, влиявших на породы в процессе их эволюции. Таким образом, анизотропия упругих свойств горной породы определяется количеством накопленных в ней дефектов. Дефекты в породе это главным образом микротрещины, которые возникают в результате реакции твердой среды на напряженно-деформированное состояние. Показатель анизотропии упругих свойств породы отражает ее напряженно-деформированное состояние в точке отбора образца. Пространственное положение систем микротрещин определяет тип упругой симметрии породы. Для его выявления и определения величины показателя упругой анизотропии наиболее эффективен акустополаризационный метод (Горбачевич Ф.Ф. Акустополарископия горных пород. — Апатиты, 1995).

В классической схеме практики геологоразведочных работ на анизотропию упругих свойств горной породы обычно не обращают внимания, поскольку считается, что она маркируется текстурными особенностями породы (слоистость, сланцеватость, линейность и др.) и можно обойтись стандартными замерами элементов залегания породных тел или каких-либо иных особенностей, типа минерализованных систем трещин. Во многих случаях, по-видимому, этих замеров вполне хватает. Но когда речь заходит об изучении пород древних сложнодислоцированных метаморфических комплексов, возникает много затруднений, например, при составлении структурно-геологических карт. При этом даже если удается

правильно определить и откартировать положение геологического тела на поверхности, угадать его «поведение» в геопространстве часто невозможно. Это может осложнить, например, интерпретацию результатов геохимической съемки. В такой ситуации может оказаться полезным тот факт, что значения показателей анизотропии упругих свойств горных пород напрямую связаны с процессами выветривания и, соответственно, рельефообразованием: наличие сильноанизотропных пород, как правило, является предпосылкой для возникновения отрицательной формы рельефа.

Напряженно-деформированное состояние массивов горных пород — достаточно стабильная характеристика, но и оно испытывает постоянные медленные изменения за счет вечных геодинамических процессов, в результате чего неуклонно происходит пространственное перераспределение систем микротрещин с зарастанием старых и появлением по-другому ориентированных новых. Зарастание систем микротрещин происходит довольно быстро, особенно при наличии минеральных флюидов, и идентификация результатов такого зарастания трудна даже под электронным микроскопом. Таким образом, часто возникают ситуации, когда пространственные ориентировки элементов упругой симметрии (систем микротрещин) в горной породе не совпадают с текстурными ориентировками.

Эффективность проведения геологоразведочных работ на объектах со сложнодислоцированными метаморфическими комплексами (древние кристаллические щиты, зоны проявления глобальной складчатости) можно повысить, используя информацию о пространственных вариациях анизотропии упругих свойств изучаемых объектов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №10-05-00082-а.

К МЕТОДИКЕ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ

В.В.Ильяш, Д.В.Ильяш (ВГУ), vvikii@mail.ru

CARBONATE INDUSTRIAL MINERALS: PROSPECTING METHODOLOGY

V.V.Ilyash, D.V.Ilyash

Карбонатные породы широко применяются в различных хозяйственных сферах. Значительное количество известняка расходуется для производства флюсов в черной металлургии. Эти породы составляют существенную часть объема палеозойского разреза Восточно-Европейской платформы и, в частности, широко распространены в Липецкой области в составе отложений фаменского яруса. Основным потребителем данного сырья является крупнейшее в РФ предприятие — Новолипецкий металлургический комбинат, — использующее известняк Ситовского месторождения. Отработка его ведется почти 30 лет с опережающей детальной разведкой на небольших участках, обеспечивающих прирост запасов по категории А по мере продвижения фронта добычных работ. Последние такие работы проводились в 2007–2009 гг. Выяснилось, что на участке опережающей разведки известняк оказался низкого качества, что расходится с данными предварительной разведки. Сравнительный анализ материалов обеих разведок показал, что разведочная сеть, регламентируемая методическими рекомендациями МПР РФ от 05.06.07, имеет недостаточную плотность разведочных пересечений, результатом чего при оценке качества сырья оказался заниженный коэффициент закарстованности продуктивной толщи. Согласно данному документу, Ситовское месторождение следует отнести к первой категории сложности, так как оно принадлежит к платформенному типу, породы не дислоцированы, имеют горизонтальное залегание и выдержанную мощность. На этом основании для участка опережающей детальной разведки была выбрана равномерная разведочная сеть с шагом 150 м, отвечающая требованиям подсчета запасов по категории А. Ранее вся площадь месторождения была разведана по категории С₁ с шагом между разведочными скважинами 400 м.

Выяснилось, что степень закарстованности на месторождении возрастает с юга на север и причиной этого является широтный разлом, расположенный в 300 м севернее участка детальной разведки. Оперяющие нарушения формируют на участке разведки зоны трещиноватости северо-западного и северо-восточного простираний и сопровождаются процессами интенсивного карста. Эти же нарушения контролировали формирование доюрского палеорельефа карбонатной толщи в виде сопряженных парных линейных форм (возвышенность — депрессия) с амплитудой абсолютных отметок до 50 м. Депрессии заполнены продуктами дезинтеграции известняка, разубоженных терригенным материалом, в силу чего не отвечают промышленным кондициям в отличие от известняка на грядовых возвышенностях. Разрывные нарушения имеют долгоживущий характер, поэтому через рельеф определяли расположение фациальных зон осад-

конакопления вплоть до четвертичного периода. И в настоящее время эти нарушения контролируют поверхностный водный сток, заложение балок и оврагов при общей выровненности современного рельефа. Поэтому при проведении разведочных работ следует опираться на материалы структурного картирования и морфоанализа и при необходимости сгущать разведочную сеть.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОИСКАХ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОАЛТАЙСКОГО ТИПА

В.С.Илюхин (ФГУНПП «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»), geolraz@geolraz.com

SULFIDE BASE METAL DEPOSITS OF THE ALTAI STYLE: MODERN GEOPHYSICAL EXPLORATION TECHNIQUES

V.S.Ilyukhin

Успешное решение геологических задач геофизическими методами возможно только при условии их комплексирования. Цель комплексирования геофизических методов — повышение вероятности однозначного решения геологической задачи. Суть комплексирования заключается в том, что рудные объекты, рудовмещающие толщи и структуры характеризуются определенным набором различных физических свойств, комплекс которых с более высокой степенью однозначности отражается в соответствующих геофизических полях.

Процесс разработки комплекса, ориентированного на решение геологической задачи, строится следующим образом:

- разработка физико-геологической модели месторождения заданного типа;
- расчет ожидаемых геофизических полей для построенной физико-геологической модели;
- выбор геофизических методов, каждый из которых наиболее ярко отражает ту или иную существенную особенность физико-геологической модели;
- постановка опытных работ разработанным комплексом на эталонных объектах — известных месторождениях данного типа.

Одним из рудоконтролирующих факторов размещения колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа являются эффузивные толщи вулканитов основного состава. Построенная физико-геологическая модель и расчеты показали, что толщи вулканитов могут уверенно выделяться повышенным (или градиентом) гравитационным полем и повышенным и «изрезанным» магнитным. Согласно расчетам, рудные тела, расположенные вблизи этих толщ, могут выделяться электроразведочной установкой осевых точечных зондирований с измерением поля вызванной поляризации.

По результатам моделирования для поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа сформирован комплекс геофизических методов, в состав которого входят магниторазведка, гравиразведка, электроразведка в модификации осевых точечных зондирований с измерением поля вызванной поляризации. Предложенный комплекс методов реализован на эталонных объектах Рудного Алтая и одном из прогнозных участков.

Работы ставились на месторождениях Лазурское, Корбалиха, Юбилейное и как опережающие на буровом профиле участка Вересуха, заданном сотрудниками ЦНИГРИ. Результаты работ показали, что выделенные геофизические критерии поиска колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа в той или иной мере подтверждаются для различных условий их залегания.

На участке Вересуха зона, заданная по результатам геофизических работ как перспективная, была заверена скважиной, которая вскрыла оруденение.

Таким образом, для решения задач поиска месторождений необходимо использовать комплекс геофизических методов. Методы, входящие в состав комплекса, должны выбираться на основе составленной физико-геологической модели и соответствующих расчетов ожидаемых геофизических полей. По результатам теоретических исследований должны разрабатываться геофизические критерии прогноза участков расположения рудных тел. Эффективность предлагаемого комплекса геофизических методов, ориентированного на поиски колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа, подтверждена результатами полевых работ на эталонных объектах и результатом вскрытия оруденения на ранее неизвестном объекте.

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАЛОСУЛЬФИДНОГО ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОСТОЧНОЕ ЧУАРВЫ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ

О.В.Казанов (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция), А.А.Калинин (ГИ КНЦ РАН),
ark-kalinin@rambler.ru

A GEOLOGIC GENETIC MODEL OF VOSTOCHNOE CHUARVY LOW-SULFIDE PGM DEPOSIT, KOLA PENINSULA

O.V.Kazanov, A.A.Kalinin

Наиболее важным источником металлов платиновой группы (МПГ) в мире являются месторождения «рифого» типа в расслоенных базит-гипербазитовых комплексах — массивов Бушвельд в Южной Африке, Стиллуотер на западе США, Пеникат в Северной Финляндии и др. Геолого-генетические модели таких месторождений имеют следующие общие черты: возраст интрузивов ~ 2,7–2,4 млрд. лет (AR–PR); крупный размер интрузий, составляющий десятки километров по простиранию при мощности до 3 км и более; большая протяженность месторождений по простиранию, сопоставимая с протяженностью самих интрузий, при мощности рудных зон максимум первые десятки метров; минерализация платиноидов «рифового» типа с четким «литологическим» (риф Меренского) или «стратиграфическим» (Стиллуотер, Пеникат) контролем; контроль положения «рифов» в разрезе массивов границами мегациклов, фиксирующими поступление новой порции магмы в камеру кристаллизации интрузива.

Для Федорово-Панского интрузивного комплекса на Кольском полуострове характерны все названные общие черты платиноносных расслоенных базит-гипербазитовых комплексов. Месторождения «рифого» типа установлены здесь в Западно-Панском и Восточно-Панском массивах.

Магматическая стратиграфия Восточно-Панского массива показывает его циклическое строение. В разрезе массива выделяются: нижняя краевая зона (marginal zone MZ); габброноритовая зона-1 (GNZ1 — пойкилитовые, порфиоровые и неравномерно-зернистые габбронориты); габброноритовая зона-2 (GNZ2 — среднезернистые трахитоидные габбронориты с прослоями плагиопироксенитов в нижней части и пятнистого габбро в средней части разреза); габбровая зона-1 (GZ1); габбровая зона-2 (GZ2). Каждое из названных циклических подразделений формировалось в результате поступления в магматическую камеру новых порций фракционированного расплава.

Минерализация МПГ с попутным золотом выявлена в основании зон на трех уровнях — GNZ1, GNZ2 и GZ1. Промышленно значимые объекты связаны только с зоной GNZ2. Контролирующая ее граница GNZ2 – GNZ1 прослежена в Восточно-Панском массиве буровыми скважинами на расстояние ~18 км, при этом минерализация МПГ установлена не по всей протяженности границы, а лишь на некоторых относительно небольших участках, в том числе в пределах месторождения Восточное Чуарвы. Четкий «литологический» контроль минерализации отсутствует: концентрации платиноидов распределены среди всех разновидностей пород, расположенных вблизи названной границы, а размещение участков, богатых МПГ, определяется, в первую очередь, факторами «стратиграфического» контроля. Граница GNZ2 – GNZ1 представляет собой поверхность «магматического несогласия», т.е. имеет эрозионный характер и проникает на различные уровни подстилающих стратифицированных подразделений. Установлено, что наиболее благоприятными для формирования минерализации платиноидов являются участки контакта плагиопироксенитов и трахитоидных габброноритов GNZ2 с породами горизонта пойкилитовых габброноритов GNZ1. В случае контакта с другими горизонтами подстилающих пород минерализация МПГ встречается спорадически. Данный вывод позволяет вести дальнейшие работы в пределах массива более целенаправленно и наметить два первоочередных участка поисковых работ — Сунгйок и Чуарвы.

ПРОГНОЗ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ПРОМЫШЛЕННО ОСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПРИМОРЬЯ

А.О.Калашников, П.М.Горяинов, Г.Ю.Иванюк (ГИ КНЦ РАН), kalashnikov@geoksc.apatity.ru

PROGNOSIS OF BROWNFIELD-LOCATED ENDOGENEOUS DEPOSITS USING THE SELF-ORGANIZATION THEORY PRINCIPLES (AS EXEMPLIFIED BY CASE HISTORIES FROM THE RUSSIAN FAR EAST)

A.O.Kalashnikov, P.M.Goryainov, G.Yu.Ivanyuk

Основополагающий принцип прогнозно-поисковой технологии, основанной на следствиях теории самоорганизации и ориентированной на полезные ископаемые эндогенного генезиса, — представление о том, что наиболее перспективные участки (независимо от типа рудного полезного ископаемого) — это наиболее упорядоченные, дифференцированные и сложные литосферные ансамбли. Данная технология ранее опробована и показала хорошие результаты на нескольких объектах локального масштаба [1–4]. Технология подтвердила свою работоспособность на объектах разного генезиса и возраста с различным типом оруденения. Это дало основание считать ее достаточно универсальной, т.е. пригодной как для различных масштабов работ, так и для выявления различных видов полезных ископаемых.

Объектом поисково-прогнозной оценки послужила территория Приморского края. Кроме ранее использовавшихся геохимических, топографических и дистанционных данных, проанализированы результаты геофизических работ — аэромагнитной съемки и гравirazведки. Разрабатываемая технология позволяет сводить в единую систему сколь угодно число геолого-геофизических переменных различной природы.

Проведенные исследования показали, что использование средств теории самоорганизации даже в условиях, когда отсутствуют какие-либо детальные поисковые данные (как показало изучение дистанционных и геофизических материалов), дает исключительный в экономическом и технологическом планах эффект. Даже на этапе дистанционного изучения выделяется 16% территории, перспективной для последующих финансовых вложений. При том, что охват всех известных на территории Приморья эндогенных месторождений выделенной перспективной площадью составляет примерно 50%. Кроме известных рудных узлов, информация о положении которых требовалась для подтверждения корректности методики, выявлена ранее неизвестная перспективная площадь на севере исследуемой территории, сопоставимая по размеру с известными горнорудными территориями края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашников А.О. Прогноз и поиск месторождений по степени структурно-вещественной упорядоченности участков земной коры // Разведка и охрана недр. 2008. № 2. С. 9–13.
2. Калашников А.О. Степень дифференцированности геохимического поля как поисковый признак // Разведка и охрана недр. 2008. № 3. С. 34–40.
3. Калашников А.О., Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. Метод многомерных фазовых траекторий для поисков месторождений полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 2009. № 1. С. 22–27.
4. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых / Г.Ю.Иванюк, П.М.Горяинов, Я.А.Пахомовский и др. — М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009.

МОДЕЛЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ СУЗДАЛЬСКОГО ТИПА В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

Ю.А.Калинин, К.Р.Ковалев, А.С.Борисенко, Е.А.Наумов (Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН), kalinin@uiggm.nsc.ru, naumov@uiggm.nsc.ru

A MODEL OF THE SUZDAL STYLE GOLD MINERALIZATION, EAST KAZAKHSTAN

Yu.A.Kalinin, K.R.Kovalev, A.S.Borisenko, E.A.Naumov

Основой создания типовой модели месторождения служат геологические, морфоструктурные, минералого-геохимические и генетические особенности конкретного объекта. Одним из своеобразных объектов Западно-Калбинского золотоносного пояса в Восточном Казахстане является Суздальское золоторудное месторождение, локализованное в нижнекаменноугольных черносланцевых толщах. Одними исследователями месторождение относится к карлин-типу (Нарсеев, 2002; Рафаилович, 2009), другими — к минерализованным золото-сульфидным зонам в карбонатно-терригенных толщах (Бегаев, Степаненко, 1995). Наш многолетний геологический «мониторинг» (Kovalev et al., 2009) позволяет говорить о длительной и многоэтапной истории его формирования, что, с одной стороны, определило высокую промышленную значимость, а с другой — дает основание рассматривать его в качестве типового модельного объекта. В данном случае под моделью месторождения подразумевается создание обобщенной схемы поэтапного развития рудообразующей золотоносной системы.

Ранний (рудоподготовительный) этап связан с формированием в раннем карбоне вулканогенно-карбонатно-терригенной углеродистой толщи с сингенетичной золотосодержащей сульфидной минерализацией. Концентрирование рудогенных элементов обусловлено конкретной палеогеографической обстановкой — формированием локальных конседиментационных депрессионных структур в пределах рифтогенных грабенов. Они фиксируются специфическими литофациями — наличием ограничивающих рифтогенных построек, седиментационных известняковых и полимиктовых брекчий, микститов, флишоидно-турбидитовых пачек. Присутствие в этих отложениях сульфидизированных прослоев, кремнистых осадков и железисто-марганцевых карбонатов связывается с процессами разновозрастного базальтоидного вулканизма.

Второй этап рудообразования связан с орогенным периодом развития региона и проявлением тектонометаморфической активности. В это время сформировалась основная рудовмещающая зона смятия, дробления и расланцевания, импрегнируемая тонковкрапленными высокзолотоносными пирит-арсенопиритовыми рудами с так называемым «invisible gold». На этом этапе широко проявился гранитоидный магматизм, дайковый комплекс, послужившие важными флюидо- и рудогенерирующим источниками.

Третий этап формирования золоторудной минерализации фиксируется интенсивным прокварцеванием известняков вплоть до образования джаспероидов, брекчированием руд ранних этапов и формированием гнездового и прожилково-вкрапленного золото-полисульфидного оруденения. Появление свободного золота связывается с регенерацией и дополнительным привносом золота магматогенным флюидом.

Процесс рудоотложения завершается проявлением жильной сурьмяной минерализации и карбонат-лепидолитовых прожилков, возраст которых $241,9 \pm 2,7$ млн. лет.

Этапность рудоотложения подтверждается результатами изотопно-геохронологического исследования. По данным Ar-Ar датирования серицита возраст вкрапленной золоторудной минерализации (второй этап) составляет $281,9 \pm 3,3$ млн. лет, прожилково-вкрапленной золото-полисульфидной минерализации в окварцованных брекчиях — $248,3 \pm 3,4$ млн. лет. Общую продолжительность формирования золотого оруденения можно оценить в 33 млн. лет.

Таким образом, отмеченные признаки рассмотренной модели необходимо учитывать при прогнозировании крупных полигенных золоторудных месторождений в пределах черносланцевых поясов. Примеры подобных многоэтапных золоторудных месторождений известны в Верхоянье, Енисейском крае, Китайском Алтае, Северном Вьетнаме.

Работа выполнялась в рамках проектов РФФИ (10-05-00677, 10-05-00730) и Интеграционных проектов РАН и СО РАН.

ОСОБЕННОСТИ МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ РУДОПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ МЕТОДОМ АНАЛОГИЙ

Д.Ф.Калинин, М.К.Овсов, В.Г.Забелин (ФГУНПП «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»),

geolraz@geolraz.com

FEATURES OF MULTI-ALTERNATIVE GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL PROGNOSIS AND EVALUATION OF PROMISING AREAS BY ANALOGY

D.F.Kalinin, M.K.Ovsov, V.G.Zabelin

Традиционная стратегия поисков месторождений полезных ископаемых предусматривает использование геологической информации, как наиболее эффективной основы обнаружения искомых объектов. Известно, что функциональные связи между геологическими параметрами и местоположением прогнозируемых объектов сложно поддаются выявлению. Известно также, что прогнозирование перспективных площадей на ту или иную совокупность искомых полезных ископаемых носит вероятностный характер и сопровождается неизбежной многозначностью содержательной интерпретации даже при использовании рациональных комплексов геологических данных. В основе их формализованной обработки лежат информационно-статистические методы. При этом в обработку могут вовлекаться не только количественные, но и качественные (дискретные) геологические признаки, назначаемые экспертами [2, 4].

Локализация перспективных площадей, подобных по комплексу количественных и качественных признаков заданным эталонам искомых объектов, осуществляется посредством метода аналогий. Выделение перспективных площадей базируется на результатах формализованных расчетных процедур и экспертного геологического анализа с использованием разнообразной информации. Результаты представляются на вероятностных прогнозных картах. При этом площади, перспективные на наличие полезных ископаемых, характеризуются максимальными вероятностями прогноза искомых минерагенических объектов.

Выбор эталонов — один из наиболее ответственных этапов прогнозных построений. Исследуемые территории могут оказаться перспективными одновременно на несколько видов твердых полезных ископаемых, принадлежащих к разным формационным типам. Поэтому в общем случае формализованный прогноз является многоальтернативным. Адекватный выбор эталонов для целевых объектов прогноза и нецелевой вмещающей среды возможен только по результатам совместного анализа априорной геологической и геофизической информации [1]. Для решения практических задач целесообразно использование следующих эталонов:

выборки значений количественных признаков в пределах площадных участков, содержащих заведомо известные совокупности месторождений и рудопоявлений («натурные» эталоны);

эвристические комбинации классов, выделенные по результатам многомерного структурного анализа в виде типовых картографических образов и связываемые с наличием искомых объектов («ситуативные» эталоны);

комбинации диапазонов значений комплекса количественных признаков, характеризующие прогнозируемые объекты на основе предшествующего опыта в сходных геологических условиях;

физико-геологические модели искомых объектов прогноза с флуктуирующими параметрами, используемые для синтеза реализаций геофизических полей, в совокупности образующих эталонные выборки [3];

индексы (номера) дискретных состояний качественных признаков, описывающих искомые объекты прогноза посредством экспертных таблиц баллов.

Использование разнотипных и независимо сформированных эталонов на основе априорного анализа геологических обстановок в апробируемых районах повышает достоверность результирующих прогнозных карт. Достоверность также повышается, если выделенные перспективные площади пространственно сопрягаются с элементами структурно-тектонического строения и не противоречат общей геологической модели территории.

Одним из методических приемов построения прогнозных карт является «иерархическое» оценивание перспективных территорий по комплексу геофизических и других данных. Прогнозные построения проводятся с учетом стадийности работ, начиная с региональных исследований в м-бе 1:1 000 000 с последовательным переходом к среднему (1:200 000), а затем к крупному (1:50 000) масштабам локального прогноза объектов соответствующих рангов (рудных районов/узлов/полей). В докладе обсуждается методика формирования обобщенных цифровых моделей на основе «универсальных» признаков, наиболее устойчиво характеризующих объекты прогноза в различных масштабах съемки.

Еще одна особенность многоальтернативного прогноза перспективных площадей методом аналогий — соблюдение принципа равной представительности исходной информации. Иными словами, комплекс признаков должен быть одинаков во всех апробируемых точках. Тем не менее, если в той или иной точке значения некоторых признаков отсутствуют, то точка не выбрасывается из обработки, а продолжает участвовать в автоматизированном процессе построения прогнозных решений. Столь весомое для практики работ преимущество обеспечивается лишь при поточечном вероятностном взвешивании результатов прогноза для каждого отдельно взятого признака с использованием статистических алгоритмов комплексирования [2].

Весьма важной составляющей частью прогноза является оценка пространственной совмещенности прогнозируемых объектов разных иерархических уровней (рангов). Обычно выделение площадей, перспективных на наличие полезных ископаемых, осуществляется посредством локализации на прогнозных картах участков с максимальными значениями вероятности объектов конкретного иерархического уровня. Возможен также многоуровневый прогноз, основывающийся на свойстве конгруэнтности, т.е. пространственной вложенности прогнозируемых геологических объектов соседних иерархических уровней (например, рудных узлов и рудных полей). Используемые при этом алгоритмы статистического комплексирования должны учитывать различные информационные вклады (веса) признаков при вероятностном оценивании перспективности территорий.

В докладе представлены примеры прогноза перспективных площадей с использованием различных типов эталонизации, а также пример «иерархической» совмещенности перспективных площадей в рангах рудного узла и рудного поля в Алтае-Саянском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровко Н.Н. Оптимизация геофизических исследований при поисках рудных месторождений. — Л.: Недра, 1979.
2. Гольцман Ф.М., Калинин Д.Ф., Калинина Т.Б. Компьютерная технология MULTALT многоальтернативной классификации и прогноза по комплексу геоданных // Российский геофизический журнал. 2000. № 17–18. С. 64–70.
3. Калинин Д.Ф., Калинина Т.Б. Стохастические ФГМ объектов и их практическое использование при решении прогнозных задач // Геофизика. 2005. № 5. С. 61–64.
4. Марченко В.В. Человеко-машинные методы геологического прогнозирования. — М.: Недра, 1988.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МОДЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ИХ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ Э.Г.Кассандров (СНИИГГИМС), kassandrov@sniiggims.ru

IRON ORE DEPOSITS: METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF THE INTER-DISCIPLINARY MODELS DESIGN AND FURTHER APPLICATION IN PROGNOSIS, EXPLORATION, AND EVALUATION E.G.Kassandrov

До недавнего времени научное обоснование поисков и разведки железорудных месторождений обеспечивало нужный прирост запасов легкообогатимой и богатой руды главным образом за счет месторождений, выходящих на поверхность или расположенных на небольшой глубине. В последние годы фонд таких объектов практически исчерпан. Возникла острая необходимость поисков и прогнозирования месторождений, не выходящих на поверхность, залегающих в сложной геологической обстановке и в связи с этим нуждающихся в разработке более совершенных методов прогнозирования. Прежде всего в построении комплексных моделей, учитывающих геологическую обстановку, геофизические, геохимические, морфоструктурные, параметрические и другие признаки, позволяющие построить трехмерную модель и изучить ее свойства. Различного рода модели месторождений, рудных формаций и процессов их образования уже давно создаются и используются в целях прогнозирования, поисков и оценки полезных ископаемых как у нас в стране, так и за рубежом. Посредством моделей достигаются концентрирование («сжатие») объема информации, возможность быстрой ее передачи в компактном виде, оценка прогнозных ресурсов необнаруженных месторождений, облегчается машинная обработка информации, обеспечивается воспроизводимость оценок, выделяются нерешенные вопросы и др. Модель месторождения при этом понимается как совокупность признаков, свойственных большинству месторождений данного типа.

В основе построения и исследования предлагаемой нами модели лежит историко-геологический подход, базирующийся на принципах актуализма и последовательности формирования геологических тел. Метод актуализма, суждение о генезисе статической системы, экспериментальные данные и перенос их на геологическое прошлое позволили реконструировать ретроспективную модель. Исходя из методологических положений системного подхода к построению моделей, проделывались несколько последовательных операций:

создание статических геологических, геофизических, геохимических и других моделей, в которых рассматриваются только пространственные отношения между элементами модели. На данном этапе разрабатывается и формируется система геологических признаков (критериев). Геологическая (статическая) комплексная модель представляет собой композицию геологических ситуаций;

реставрация обстановок и процессов геологического прошлого в ретроспективном эволюционном развитии (историко-геологические реставрации). Существование процесса рудообразования и его ход обосновываются главным образом по вещественным продуктам конечной стадии процесса, которые обладают конвергентностью;

исследование свойств комплексной модели месторождений и рудного узла и использование полученной информации для локального прогноза.

При построении стояла задача добиться непротиворечивого сочетания факторов и признаков, вытекающих из закономерностей размещения месторождений данного типа.

По рассмотренной методике построены комплексные модели для месторождений и узлов гидросиликатно-скарновой магнетитовой формации Алтае-Саянской, Байкальской складчатых областей и Алданского щита. Установлены поисковые признаки стратиформных месторождений и методические рекомендации по их поискам. Оценены прогнозные ресурсы.

ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

А.В.Каун (МД «Востказнедра», Республика Казахстан), vknedra_common@ukg.kz

EASTERN KAZAKHSTAN: SIGNATURES OF CU-PORPHYRY MINERALIZATION

A.V.Kaoun

В разработке представлений о генезисе, классификации, геологических основ прогнозирования и поисков месторождений медно-порфинового типа важная роль принадлежит исследованиям А.И.Кривцова. В Восточном Казахстане наиболее известными и крупными представителями этого типа являются месторождения Актогай и Айдарлы. Помимо этих крупных объектов в 50–80-х годах прошлого столетия в процессе геолого-съемочных и поисковых работ различного масштаба в Восточно-Казахстанской области обнаружены многочисленные медно-порфировые проявления в пределах Жарма-Саурского (ЖС) и Шынгыз-Тарбагатайского (ШТ) металлогенических поясов, Жонгаро-Балхашской (ЖБ) металлогенической провинции.

Недостатком ранее проведенных работ во многих случаях было отсутствие полноты и комплексности изучения медно-порфировых объектов. В пределах большинства перспективных участков при выделении геохимических аномалий основное внимание уделялось Cu и Mo, реже Zn и Pb. Анализы на Au вообще не проводились или делались выборочно полуколичественным методом. Картирование гидротермально-метасоматических ассоциаций носило схематический, а не систематический характер. Положение самих рудных зон из-за отсутствия четкого представления о зональности оруденения часто определялось неверно, в ряде случаев скважины бурились не в том месте или были остановлены в рудных зонах.

Анализ материалов предшественников и предварительные результаты ревизионных поисковых работ на ряде проявлений позволили по-новому оценить их перспективы и сформулировать основные прогнозно-поисковые признаки медно-порфинового оруденения:

приуроченность проявлений к пересечению глубинных (региональных) разломов северо-западного и близмеридионального простирания. Первые являются генеральными и контролируют вулканоплутонические комплексы, вторые, более поздние и менее протяженные, — собственно медно-порфировые проявления;

локализация медно-порфирового оруденения в вулканоплутонических, нередко кольцевых, структурах, в строении которых участвуют интрузивные позднесилурийские (ШТ), раннекаменноугольные (ЖС) и позднекаменноугольные (ЖБ) образования среднего и умеренно кислого составов (диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, реже монзониты), вулканогенные породы андезитового, андезибазальтового составов;

тесная пространственная связь с малыми телами умеренно кислых порфировых интрузий, представленных штоками, реже дайками и силами;

локализация оруденения вблизи контакта интрузий с вмещающими породами, реже во внутренних частях;

широкое проявление зональных гидротермально-метасоматических изменений (пропилитизация, серицитизация и окварцевание, аргиллизация, реже калишпатизация);

площадная пиритизация интрузивных и вмещающих пород с размерами ореолов, намного превышающими размеры площадь медно-порфирового оруденения и, как правило, окаймляющими ее.

наличие аномалий Cu, Mo, проявленных в центральной части рудной зоны, и Pb, Zn — по периферии. На ряде объектов впервые установлены площадные аномалии Au;

спокойные, слабо положительные или отрицательные магнитные поля над гидротермально измененными породами и кольцевое распределение положительных магнитных аномалий;

наличие крупных изометричных (кольцевых) в плане аномалий ВП, вызванных пиритизированными породами.

НОВЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Д.Х.Ким, Н.В.Ибрагимова, А.Ю.Владыкин, Е.В.Куликов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), romantchouk@yandex.ru

THE ENERGY IMPACT-BASED INNOVATIVE METHODS OF THE BASE AND NOBLE METALS EXTRACTION FROM MINERAL MATERIALS

D.Kh.Kim, N.V.Ibragimova, A.Yu.Iadykin, E.V.Kulikov

В последние 15 лет в ЦНИГРИ проводятся экспериментальные исследования по изучению возможности и эффективности использования новых инновационных нетрадиционных способов энергетического воздействия (озвучивание ультразвуком, обработка мощными электромагнитными импульсами, высокочастотным импульсным магнитным и электрическим полями, электрическим полем высокого напряжения и др.) на повышение извлечения золота из упорного золотосодержащего сырья различного вещественного состава в пределах флотации и цианирования.

Установлено, что при энергетическом воздействии на золотосодержащее сырье мощными электромагнитными импульсами (МЭМИ) и высокочастотными магнитными импульсами (МИО) в зависимости от вещественного состава, форм нахождения золота и режимов обработки извлечение золота при цианировании по сравнению с необработанным материалом повышается на 12,05–68,3% за счет вскрытия упорного золота, заключенного в сульфидах или кварце. Предварительная ультразвуковая обработка пульпы при флотационном обогащении свинцово-цинково-серебряной руды повышает извлечение Ag на 3,2, Pb на 7,3, Zn на 2,3%.

Новые инновационные методы повышения извлечения благородных и цветных металлов, основанные на энергетическом воздействии, весьма перспективны и экологичны, характеризуются малым расходом электроэнергии, позволяют повысить технико-экономические показатели переработки руд разведываемых и эксплуатируемых месторождений и заслуживают внимания со стороны геологоразведочных, золотодобывающих предприятий.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЩЕЛОЧНЫХ МАГМ**Л.Н.Когарко (ГЕОХИ РАН), kogarko@geokhi.ru****RARE METAL POTENTIAL OF ALKALINE MAGMAS****L.N.Kogarko**

Среди магматических формаций мира щелочные породы, включая карбонатиты, обладают самым высоким рудным потенциалом на редкометальное сырье. Так, весь международный рынок ниобия контролируется месторождениями, связанными с карбонатитами. Многие щелочные агпаитовые интрузии характеризуются магматической расслоенностью, с которой ассоциируют рудные редкометальные горизонты. В массиве Илимауссак это прослои эвдиалита и стенstrupина — источники Zr, Hf, U, в Ловозерском массиве лопаритовые руды образуют рудные горизонты, концентрирование эвдиалита приурочено к расслоенному эвдиалитоносному комплексу.

Для выявления механизма формирования редкометальных руд нами исследовано около 750 зерен лопарита и 250 эвдиалита Ловозерского суперкрупного месторождения в вертикальном разрезе. Стратиграфически вверх по разрезу лопарит обогащается Sr, Nb, Ta и Th и обедняется Ca, Ti, REE. Наиболее высокие содержания Nb и Ta в лопаритовых рудах отмечаются в верхней зоне массива, а REE, Ti и Ca — в нижней его части. В вертикальном разрезе эвдиалитоносного комплекса отмечается рост содержаний Fe и Cl. Такая же закономерность наблюдается и для эвдиалитов Илимауссакского массива. Наличие скрытой расслоенности в рудных минералах Ловозерского месторождения говорит о магматическом генезисе редкометальных руд, аналогичных таковым в других расслоенных интрузиях, например Бушвельде, Стилутере и др.

Детальные петрографические и минералогические исследования на Ловозерском месторождении показали, что смена форм выделения лопарита — главного минерала-концентратора Nb, Ta, а также REE — (и времени его кристаллизации) представляет собой новый геохимический критерий рудоносности щелочных магм на редкометальное оруденение. Рудоносными зонами гигантской Ловозерской интрузии являются только те, которые содержат ранний идиоморфный лопарит (верхняя зона дифференцированной интрузии мощностью до 1350 м). Самая нижняя зона мощностью около 870 м, которая характеризуется наличием позднего ксеноморфного лопарита, не перспективна на редкометальное сырье.

Таким образом, необходимое условие появления магматических редкометальных месторождений кумулятивного типа — ранняя котектическая насыщенность расплава рудными компонентами. В этом случае отмечается идиоморфизм рудных минералов. Если концентрация рудных компонентов значительно ниже котектической, то кристаллизация рудных минералов будет осуществляться на поздних стадиях в малом объеме интерстициального расплава, когда явления конвективно-гравитационной дифференциации и сегрегации минеральных фаз затруднены. Это приведет к рассеиванию рудных компонентов в виде ксеноморфных выделений акцессорных минералов. Приведенные данные позволяют также сделать вывод о том, что крупнейшая в мире щелочная одновозрастная Хибинская интрузия не перспективна на лопаритовое сырье, так как исходная щелочная магма Хибинского комплекса не насыщена в отношении лопарита на ранних этапах. Лопарит встречается в основном в пегматитах и реже в виде интерстициальных фаз. Наличие скрытой расслоенности в отношении лопарита говорит о закрытом характере эволюции ультращелочной магмы, протекавшей в огромном магматическом очаге. Эти выводы хорошо согласуются с изотопными данными (Л.Н.Когарко и др., 2010), указывающими на мантийные источники гигантских щелочных интрузий Кольского полуострова без процессов контаминации корового материала.

МИНЕРАЛЬНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЛЬФРАМОНОСНОСТИ ПАТОМСКОГО НАГОРЬЯ**Н.Б.Колесникова (ВИМС Роснедра Минприроды России), korund604@mail.ru****STYLES OF W MINERALIZATION AND W POTENTIAL OF THE PATOMA HIGHLANDS****N.B.Kolesnikova**

Проявления вольфрама на территории Патомского нагорья обнаружены в ходе поисковых работ на золото в 50–70-х годах прошлого столетия. Дополнительные работы по их оценке проведены в 2010 г. ЗАО «СибГК». Вещественный состав, парагенетические ассоциации и минерально-формационный тип рудо-

проявлений определялся в ВИМС. На настоящее время наиболее перспективны шеелитовое проявление Догалдын и вольфрамитовое — Марининское.

Проявление Догалдын расположено в юго-восточной части Бодайбинского района в 90 км юго-восточнее г. Бодайбо. Выявлено В.Г.Молочным в 1989 г. в ходе поисковых работ на рудное золото. Оруденение приурочено к периферийной части небольшой гранитной интрузии конкудеро-мамаканского комплекса раннего палеозоя и представлено несколькими кварцевыми жилами в измененных грейзенизированных гранитах. Минеральный тип руд — шеелит-кварцевый. Формационный тип — грейзеново-кварцево-жильный по классификации Ю.Г.Иванова и кварцево-жильный по классификации Ф.Р.Апельцина [1] и В.Т.Покалова [3]. Грейзенизация гранитов выражена в замещении биотита мусковитом, плагиоклаза серицитом, калиевого полевого шпата (микроклин) мусковитом и кварцем. Интенсивность замещений возрастает с приближением к шеелит-кварцевым жилам. Характерные для грейзенов минералы, такие как топаз, апатит, флюорит, при этом отсутствуют. Шеелит содержится только в кварцевых жилах, его содержание в среднем составляет порядка 5%. Содержание WO_3 в кварцевых жилах 4 г/т. Подсчитанные ресурсы WO_3 — 5340 т по категории P_2 , что позволяет отнести проявление Догалдын к категории мелких месторождений.

Более интересным с точки зрения перспектив вольфрамоносности является проявление вольфрамита Марининское, расположенное на западной окраине Патомского нагорья. Выявлено Г.И.Сосновским и И.В.Корякиным в 1989–1993 гг. при групповой геологической съемке м-ба 1:50 000. Вольфрамит здесь связан с кварцевыми жилами в слюдистых сланцах раннего протерозоя. Минеральный тип руд — берилл-вольфрамит-кварцевый, формационный — грейзеново-кварцево-жильный по классификации Ю.Г.Иванова и кварцево-жильный по классификации Ф.Р.Апельцина [1] и В.Т.Покалова [3]. Рудные тела образуют жильно-штокерковую зону протяженностью до 700 м шириной от 5 до 27 м. Среднее содержание WO_3 на разных участках рудной зоны варьирует от 0,7 до 3,2 г/т. Определены содержания Ta и Nb в вольфрамите, являющиеся индикатором генетического типа вольфрамового оруденения [2]. Полученные содержания (0,80–1,22% Nb_2O_5 , 0,44% Ta_2O_5 , 0,0011–0,019% Sc) — средние по величине между значениями содержаний указанных элементов для грейзеновых и кварцево-жильных типов, ближе к грейзеновым. Количество Mn и Fe в составе вольфрамитов примерно равное. Прогнозируемые ресурсы WO_3 по категории P_2 — 45 000 т. Данный тип оруденения связан с гранитовыми и лейкогранитовыми интрузиями [1]. Генерирующими процесс оруденения предположительно служат не вскрытые конкудеро-мамаканские интрузии, выходы которых расположены к северу от рудопроявления. Наиболее значительная доля вольфрамитов в грейзеновой формации приурочена обычно к апикальным частям интрузии. В связи с вышесказанным при постановке поисково-разведочных работ с применением бурения можно ожидать значительное увеличение прогнозных ресурсов рудопроявления Марининское.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольфрамовые месторождения, критерии их поисков и оценки* / Под ред. Ф.Р.Апельцина. — М.: Недра, 1980.
2. *Иванов Ю.Г.* Геохимические и минералогические критерии поисков вольфрамового оруденения. — М.: Недра, 1974.
3. *Покалов В.Т.* Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. — М.: Недра, 1992.

МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НА ПЕРЕКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.М.Колоскова (ИМП Госкомгеологии Республики Узбекистан), koloskova.uz@gmail.com

RESTORATION TECHNIQUE OF GEOCHEMICAL FIELDS IN PREDICTION OF MINERALIZATION WITHIN BLANKETED TERRITORIES

S.M.Koloskova

Анализ геохимических особенностей и потенциальной рудопродуктивности геологических обстановок выполнен в процессе прогнозной оценки Кызылкумского региона на Au, Ag, W, Cu м-ба 1:200 000. Формирование континентальной коры региона обусловлено действием последовательно сменявшихся геодинамических режимов: в спрединговых и субдукционных обстановках образовались структурно-вещественные комплексы, представляющие покровы осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, разде-

ленных зонами наволоков; в коллизионных — произошло усложнение ранних шарьяжей, образовались интрузии и разломы различного генетического типа; с внутриплитными условиями связана активизация протяженных тектонических зон.

На основе статистической обработки площадной базы геолого-геохимических данных изучены геохимические особенности минерализации определенного рудно-формационного типа, выделены типохимические ассоциации элементов, сформированы мультипликативные показатели золотой (Au·W, Au·As), серебряной (Ag·Pb·Sb), вольфрамовой (W·Mo·Sn) и медной (Cu·Mn, Cu·V·Mo) минерализации, определены их фоновый, пороговый и рудный уровни. Среди геологических признаков по значениям мультипликативных показателей выше принятого порога значимости выделены информативные. Полученные результаты на открытых территориях, в пределах выходов домезозойских образований, позволили разработать геолого-геохимические критерии оценки перспектив перекрытых территорий, составить карту восстановленных (потенциальных) аномальных геохимических полей рудогенных элементов м-ба 1:200 000 и выделить прогнозные площади для доизучения.

В разрезе структурно-вещественных комплексов рудогенными элементами наиболее насыщены те геологические формации, образование которых происходило в спрединговом бассейне в период от протерозоя до конца ордовика. Позднекаледонское шарьирование покровов отмечено возрастанием концентраций рудогенных элементов по зонам наволоков, где стабильно повышены мультипликативные показатели золотой, серебряной и вольфрамовой минерализации, фрагментарно — медной. В коллизионную эпоху рудные концентрации связаны с протяженными запад–северо-западными (Cu) и восток–северо-восточными разломами (Au), ареалами магматических тел (Au, W). В период внутриплитного развития формировалась (золото)-серебряная минерализация, мультипликативные показатели которой возрастают по северо-восточным и северо-западным локальным разломам и несколько снижаются в структурах других направлений.

Реставрация мультипликативных геохимических ореолов произведена с помощью оконтуривания геологических обстановок, рудопродуктивность которых выявлена геохимическими исследованиями. Группировка в аномальные геохимические поля (АГП) выполнена с учетом геологического строения территории. Дана минералого-геохимическая характеристика АГП с количественной оценкой прогнозной рудоносности через мультипликативные показатели. Сравнение восстановленных АГП с литохимической картой открытой территории показало высокую сходимость потенциальных и природных геохимических аномалий. Достоинством карты восстановленных АГП является то, что она дает вероятностную геохимическую оценку перекрытых площадей, по которым геохимическая информация отсутствует или представлена фрагментарно.

Предлагаемая методика восстановления геохимических полей по комплексу геолого-геохимических критериев рассматривается как опыт раскрытия прогнозного потенциала перекрытых и слабоизученных площадей на различное оруденение. Принципиальная возможность такого подхода базируется на проявлении причинно-следственных связей в геологических и рудообразующих процессах.

ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗБЕКИСТАНА: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ, МИНЕРАЛЬНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

Р.И.Конеев (Национальный университет Узбекистана), Rkoneev@yahoo.com

SYSTEMATIZATION OF GOLD DEPOSITS OF UZBEKISTAN, THEIR MINERAL AND GEOCHEMICAL SIGNATURES

R.I.Koneev

Появление новых направлений — наноминералогии и наногеохимии — создало условия для новых подходов к исследованию, классификации, поиску, оценке золоторудных месторождений. Стала возможной систематизация месторождений на основе прямых минералого-геохимических признаков — особенностей золота и элементов, определяющих его металлогению (Au, Ag, Te, Se, Bi, Sb, Hg и др.), а не косвенных индикаторов (сульфиды, кварц, карбонаты, серицит, адуляр, алунит) — низко-, высокосульфидизированных, золото-кварц-сульфидных, черносланцевых, карлинского и других типов.

Многолетние исследования золотых и золото-серебряных месторождений Узбекистана (Мурунтау, Даугызтау, Чармитан, Кочбулак, Кызылалмасай и др.) с использованием масс-спектрометрического (ICP-MS), микрозондового (Jeol JXA Superprobe, 8800R) анализов позволяют считать, что все они независимо от вмещающих пород сформированы стандартным рядом геохимических парагенезисов: /Au-W/Au-

Au-Ag-Te-Au-Ag-Au-Sb-Au-Hg/, который рассматривается как ряд рудных формаций. Для каждого парагенезиса закономерны определенные наноансамбли минералов, микро- и наноминералов, которые являются прямыми поисково-оценочными признаками:

Au-W — нанозолото, шеелит, вольфрамит, тунгстенит, молибденит, касситерит;

Au-As — нанозолото, арсенопирит, пирит, лёллингит, герсдорфит, кобальтин;

Au-Te — мальдонит, пильзенит, хедлейит, цумоит, кавацулит, калаверит, петцит, алтаит, теллурантимонит, колородаит, голдфилдит;

Au-Ag — электрум, кюстелит, фрейбергит, стефанит, полибазит, пираргирит, прустит, акантит, науманнит, агвиларит;

Au-Sb — ауростит, антимонит, буланжерит, цинкениит, джемсонит, гудмундит, менегенит, андорит, овихиит, эвкайрит;

Au-Hg — амальгама Au, конгсбергит, киноварь, реальгар, швацит, тиманит, круксит.

В зависимости от геодинамической позиции, глубины формирования, вертикальной и латеральной зональности, эрозионного среза промышленный ресурс и рудно-формационный тип определяют 2–4 парагенезиса. Например, Мурунтау — /Au-W/Au-As/Au-Te/, Чармитан — /Au-S/Au-Te/Au-Ag/Au-Sb/, Кочбулак — /Au-As/Au-Te/. На всех месторождениях развития Au-As арсенопирит-пиритовая минерализация, с которой совмещаются последующие. Парагенезисы /Au-As/+Au-Hg/ формируют карлин-тип. Форма нахождения элементов зависит от глубины образования. На гипабиссальных уровнях образуются теллуриды Bi (Мурунтау) на близповерхностных — теллуриды Au, Ag, Pb, Sb, Hg (Кочбулак). Наличие или отсутствие отдельных парагенезисов определяют тип, эрозионный срез, зональность, перспективы и масштабы объекта. Чем больше и разнообразнее состав микро- и наноансамблей золота, т.е. чем больше совмещено парагенезисов в одном объекте, тем крупнее месторождение.

Геохимию Au и Ag на всех месторождениях определяют Te, Se, Bi, Sb, As, Hg, Pb, по-видимому, S. Коэффициенты концентрации элементов в рудах относительно кларков образуют ряды (по убывающей):

Мурунтау: Bi-As-Te-Au-Se-Pd-W-Ag-Sb-Mo-Hg-Pb;

Даугызтау: Au-As-Te-Sb-Bi-Ag-Se-Pb-Hg-Pd-W-Mo;

Чармитан: As-Te-Bi-Au-Sb-Ag-Se-Pb-W-Hg-Mo-Pd;

Кочбулак: Te-Au-Bi-Sb-Ag-Se-As-Cu-Pb-Sn-Zn-Hg;

Кызылалма: Au-Ag-Te-Sb-Bi-Pb-Se-As-Cu-Hg-Zn-Mo.

МЕТОДИКА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПОИСКАХ СКРЫТЫХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

А.Д.Коноплев (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

TECHNIQUES AND SEQUENCE OF OPERATIONS IN URANIUM EXPLORATION FOR CONCEALED ENDOGENEOUS DEPOSITS

A.D.Konoplev

В России исчерпан фонд приповерхностных месторождений урана. Поиски по аномальной радиоактивности и поисковым критериям эталонных объектов оказались малоэффективными для выявления «слепого» оруденения, что обусловлено несовершенством глубинного прогноза. Прогрессивной методикой может оказаться выделение потенциально рудогенерирующих систем телескопированного проявления разновозрастной гидротермальной деятельности с последующей оценкой перспектив рудообразования в них и только затем поисков по известным признакам и критериям. Это может быть реализовано при соблюдении предлагаемой последовательности в рамках поисковой стадии.

Прогнозно-поисковые работы м-ба 1:200 000–1:100 000 с детализацией участков в м-бе 1:50 000, завершающиеся разработкой объемной геолого-геофизической модели, выделением рудных узлов и оценкой ресурсов категорий P₃ и P₂. Геологические задачи решаются в три этапа.

Этап 1 — безаналоговое прогнозирование, включающее:

выделение районов с предпосылками формирования крупных месторождений урана, общими для различных геолого-промышленных типов;

выделение потенциально рудогенерирующих систем — глубинных очагов разуплотнения земной коры с апофизами («каналами»), к которым в радиогеохимически специализированных геоблоках при-

урочены ее конечные приповерхностные элементы — вулканотектонические структуры, горсты или впадины. Задача решается на основе разработки объемной геолого-геофизической модели по материалам гравиметрической, магнитной, сейсмической, геологической съемок с применением компьютерной технологии статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D.

Этап 2 — оценка проявленности рудогенерирующей системы в перспективных структурах типа вулканотектонических структур, горстов или крупных впадин на основе:

определения типов и интенсивности гидротермальных процессов, структурно-морфологического анализа геохимических полей, выявления геохимических ореолов гидротермально-метасоматической колонны и элементов-индикаторов урановорудного процесса комплексной минералого-петрографо-геохимической съемкой;

структурно-морфологического анализа радиогеохимических и физических полей по данным АГСМ-съемки с электроразведочным каналом (м-ба 1:25 000) и наземных гравимагнитных и электроразведочных работ, фиксирующих поля (зоны) интенсивных гидротермальных изменений;

выявления признаков «слепого» уранового оруденения по радиоактивным газам и продуктам их распада радоновой и изотопно-почвенной съемками.

Этап 3 — выделение и оконтуривание геолого-геофизическими и горно-буровыми работами в перспективных структурах потенциально рудных узлов, характеризующихся комплексными минералого-геохимическими и геофизическими аномальными полями.

Специализированные поиски м-ба 1:50 000–1:25 000 с детализацией участков в м-бе 1:10 000, завершающиеся выявлением рудных полей, рудопроявлений, выделением участков под поисково-оценочные работы, локализацией ресурсов категорий P_2 и P_1 .

По традиционной методике в рудных узлах геолого-геофизическими и горно-буровыми работами оценивается проявленность поисковых критериев эталонных объектов, выявляются потенциально рудные поля, разрабатывается их объемная геолого-геофизическая модель, выделяются и опоисковываются локальные рудоконтролирующие структуры.

Рациональный поисковый комплекс видов и методов геологоразведочных работ, сеть наблюдений определяются масштабом, природными условиями места работ и поисковыми критериями ожидаемых типов месторождений.

Поисково-оценочные работы м-ба 1:10 000–1:2000, завершающиеся оценкой масштабов выявленных рудопроявлений, обоснованием ресурсов категории P_1 и запасов C_2 , составлением ТЭС целесообразности постановки разведки.

ПАЛЕОСТРУКТУРЫ И ОСАДОЧНЫЕ ФОРМАЦИИ ВЕРХОЯНСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ В ПОЗДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ — РАННЕМ МЕЗОЗОЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОЙ И СЕРЕБРОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

А.А.Константиновский (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), blagmet@tsnigri.ru

PALEO-STRUCTURES AND SEDIMENTARY SERIES OF THE UPPER YANA CONTINENTAL SHELF DURING LATE PALEOZOIC — EARLY MESOZOIC AND REGULARITIES IN LOCATION OF AU AND AG MINERALIZATION

A.A.Konstantinovsky

Формации поздепалеозойского — раннемезозойского возраста, слагающие верхнюю часть мощного разреза Верхоянской континентальной окраины, группируются в сводный латеральный ряд. Его начинает терригенная слабоугленосная континентально-сублиторальная формация, продолжают углеродистые и пестроцветные лагунные, песчаные дельтово-шельфовые, алевропесчаные глубокого шельфа, завершают турбидитные флишoidные и черносланцевые.

Формации указанного возрастного диапазона накапливались на фоне общей регрессии морского бассейна в восточном направлении — в сторону внутренней зоны Верхояно-Чукотской складчатой области. Это резко отличает последнюю от классических альпийских складчатых областей, в которых морской бассейн, наоборот, регрессировал в стороны обрамляющих платформ, тогда как внутренняя зона испытывала воздымание и превращалась в новообразованную область сноса.

Естественными границами между полями развития мелководных шельфовых формаций, с одной стороны, и глубоководных турбидитных, с другой, на разных стратиграфических уровнях служат выделяемые автором впервые региональные конседиментационные флексуры с погруженными преимущественно восточными крыльями.

Конседиментационные флексуры, переходящие на отдельных отрезках в сбросы, имеют в плане неровный ломаный рисунок и в целом субпараллельны краям Сибирской платформы. Их длительное развитие свидетельствует о режиме господствующего растяжения, присущего пассивным континентальным окраинам.

Золоторудная минерализация и россыпи золота отчетливо тяготеют к глубоко погруженным зонам с турбидитными главным образом черносланцевыми формациями, рассеянными многочисленными складчатыми продольными (северо-западного — юго-восточного простираения) сдвигами и сдвиго-надвигами. Серебруродная минерализация, наоборот, располагается преимущественно в полях развития песчаных шельфовых формаций и в региональном плане контролируется системой поперечных к складкам, а также диагональных сбросов и сбросо-сдвигов как конседиментационных, так и постскладчатых. Их образование связано, вероятно, с активизацией погребенных структур северо-восточного продолжения девонского Вилейского платформенного рифта.

Упомянутые флексуры со свойственными им резкими фаціальными замещениями и изменениями мощности отложений — своеобразные «градиентные» зоны, несомненно, благоприятны для размещения золотого и серебряного оруденения. Примерами служат серебруродный объект Хачакчан и золоторудный — Агылкы, приуроченные к Барайы-Томпонской субширотной конседиментационной флексуре.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В УРАЛЬСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Е.С.Контарь, Н.П.Кокорин (Урал РИКЦ), efkontar@mail.ru

METAL MINERAL BASE OF THE URAL FEDERAL OKRUG: CURRENT SITUATION AND PERSPECTIVES

E.S.Kontar, N.P.Kokorin

Минерально-сырьевая база Уральского федерального округа базируется на многочисленных месторождениях черных, цветных и благородных металлов различных геолого-промышленных типов, в значительной мере освоенных промышленностью.

Черные металлы представлены объектами следующих геолого-промышленных типов — титаномagnetитового, скарново-magnetитового (в том числе медьсодержащего), сидеритового, бурожеlezнякового, железистых кварцитов, хромитового альпинотипного, карбонатно-марганцевого; цветные металлы — колчеданного, медно-порфирового, ванадий-железо-медного, медно-скарнового, медистых глин, бокситового латеритно-осадочного, силикатного кобальт-никелевого; благородные металлы — золото-кварцевого, золото-сульфидно-кварцевого, золото-сульфидного, а также золотыми и золото-платиновыми россыпями.

Округ занимает лидирующие места в России по запасам и добыче многих промышленно важных видов металлических полезных ископаемых: первые места по хромитам альпинотипного геолого-промышленного типа, бокситам, ванадию; вторые — по железным, марганцевым рудам, силикатному никелю; третьи — по меди и цинку; четвертое — по золоту.

Минерально-сырьевая база Уральского федерального округа, как в целом, так и районов Северного и Среднего Урала, характеризуется высоким уровнем востребованности, а также высокой обеспеченностью общими разведанными запасами и запасами распределенного фонда. Наряду с этим, в развитии и использовании минерально-сырьевой базы имеются определенные технологические и геологические проблемы.

К числу технологических проблем, требующих инновационных решений, относятся отработка эффективной промышленной технологии использования никель-хромистых бурожеlezняковых руд Серовского месторождения с запасами 1 млрд. т, не учтенных Госбалансом и отработка технологии комплексного использования карбонатных марганцевых руд Северо-Уральского марганцеворудного бассейна.

Геологические проблемы по развитию минерально-сырьевой базы цветных металлов связаны со следующими направлениями:

поисковые работы на колчеданные руды палеозойского возраста на перспективных и недостаточно изученных площадях Северного, Среднего и Южного Урала;

поисковые работы на допалеозойские колчеданные руды на перспективных площадях Полярного Урала;

прослеживание структур с медно-порфировым оруденением Южного Урала на Средний Урал, а также оценка перспектив на этот тип оруденения некоторых структур на Полярном Урале;

выявление перспективных объектов для поисков стратиформного свинцово-цинкового оруденения в рифейских и палеозойских терригенно-карбонатных отложениях чехлов восточной окраины Восточно-Европейской платформы и срединных массивов в геосинклинальной области восточного склона Урала.

Учитывая достаточно высокий уровень обеспеченности разведанными запасами, в том числе запасами распределенного фонда, следует считать, что решение этих минерально-сырьевых проблем призвано обеспечить создание резервного фонда будущих поколений, о чем свидетельствуют благоприятные соотношения апробированных прогнозных ресурсов и текущих разведанных запасов.

Для территории Уральского федерального округа отсутствуют единые геологическая карта, карта геологических формаций и карта полезных ископаемых на рудно-формационной (геолого-промышленной) основе. Составление сводных карт м-ба 1:1 000 000, базирующихся на подготовленных и изданных Госгеокартах-200/2 и -1000/3, должно стать одной из приоритетных задач тематических отраслевых и региональных работ в 2012–2014 гг. Сводные карты должны служить основой для составления серии обновленных металлогенических и прогнозных карт по черным, цветным и благородным металлам для обоснования и разработки территориальной (окружной) программы дальнейших геологоразведочных работ, скоординированной с актуализированными Долгосрочной государственной программой изучения недр... и Стратегией развития геологической отрасли до 2030 г.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛИЗКИХ К ИСТИННЫМ СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА В РУДНЫХ ТЕЛАХ ПРИ ПРОГНОЗЕ, ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ПРОВИНЦИИ

В.О.Конышев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), dnms@tsnigri.ru

METHOD FOR OBTAINING GOLD CONTENT ESTIMATES IN OREBODIES WHICH ARE CLOSE TO THE TRUE WHEN PREDICTING, EXPLORING AND ESTIMATING THE DEPOSITS IN THE ALTAY-SAYAN PROVINCE

V.O.Konyshev

В практике геологоразведочных работ среднее содержание (C_{cp}) золота в рудных телах определяется по данным пробирных анализов статистически достаточной (>30 шт.) выборки рядовых бороздовых проб стандартного объема ($5 \times 10 \times 100$ см³) и переменной массы (10–14 кг). Материал каждой такой пробы подвергается многоэтапному дроблению (обычно до конечного класса частиц -1 мм), перемешиванию и сокращению до получения однородной навески массой 1 кг. Навеска истирается до крупности -0,076 мм и по частям направляется на всевозможные виды анализов. В частности, по двум навескам массой 50 г каждая выполняется пробирный анализ для определения содержания Au в пробе. Оставшийся материал (9–13 кг) каждой рядовой пробы хранится в качестве дубликата. Отдельные совокупности масс дубликатов использовались нами для обоснования «Способа определения среднего содержания золота в рудных телах» к зарегистрированному 10 марта 2010 г. в Государственном реестре Патенту на изобретение № 2383889.

Суть способа заключается в усреднении содержаний Au в рудном теле путем объединения в групповую пробу полных масс дубликатов всех рядовых проб. Составленная таким образом групповая (она же лабораторная технологическая проба ЛТП) массой >300 кг является представительной или однородной для крупных выделений золота и мелких самородков (до 17 мм), согласно расчетам по известной формуле Ричардса Чечетта. Близкое к истинному содержание ($C_{ист}$) золота в ЛТП определяется по балансу металла, извлеченного из полной массы ЛТП в продукты гравитационного обогащения.

По обратной величине достоверности ($D = C_{cp} : C_{ист}$) рядового опробования определяется коэффициент коррекции ($K_d = C_{ист} : C_{cp}$), которым исключается абсолютная ошибка ($\sigma = C_{ист} - C_{cp}$) определения C_{cp} . Право-

мерность использования K_d при подсчете запасов регламентируется действующей инструкцией ГКЗ. Она гласит, что данные рядовых пробирных анализов должны заверяться контрольными анализами по различным классам содержаний Au. В случае несходности результатов рядовых и контрольных анализов должны выполняться арбитражные анализы, по результатам которых определяются и учитываются при подсчете запасов систематические ошибки. Истинные содержания, установленные по охарактеризованному способу, по максимальной достоверности и представительности опробования превышают требования к расчетным средним содержаниям Au, определенным по рядовым, контрольным и арбитражным пробирным анализам частных проб с учетом ошибок. Поэтому не возникает противоречий для признания ГКЗ охарактеризованного способа в качестве заверочного или арбитражного при подсчете запасов основных геологических блоков, оценке прогнозных ресурсов месторождений и минерализованных зон рудных полей.

Практикой составления и обогащения многочисленных ЛТП по нашему способу установлено, что $C_{ист}$ в 1,2–5,6 раза превышают $C_{ср}$, рассчитанные по результатам рядового опробования. Выявлена тенденция увеличения K_d с повышением богатства руд и при замене бороздового опробования менее представительным керновым. С применением инновационного способа нами были уточнены запасы и прогнозные ресурсы золото-сульфидно-кварцевых руд месторождения Федоровское-1, минерализованных зон Кедровского участка, Комсомольской и Ортон-Федоровской площадей Ортон-Балыксинского рудного района, участка Покосный и Успенско-Троицкой площади Шаманского рудного узла, минерализованной зоны Верхнеамыльского рудного узла и золото-серебряных проявлений Алгаинско-Березовской площади в Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Способ можно использовать для переоценки многих объектов России, в которых концентрации Au при поисковых и разведочных работах были занижены на основании рядового опробования невысокой достоверности.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СУШИ И МИРОВОГО ОКЕАНА

С.В.Кордюков, М.В.Мошкова, А.А.Рогожин (ВИМС Роснедра Минприроды России),
vims@df.ru

ANALYSIS OF CONTINENTAL AND MARINE MINERAL MATERIALS: QA-QC

S.V.Kordyukov, M.V.Moshkova, A.A.Rogozhin

Достоверность результатов лабораторно-аналитических исследований обеспечивается комплексом выполняемых лабораториями мероприятий — применением аттестованных МВИ, использованием аттестованных и непросроченных СОС, проведением необходимых процедур контроля точности, соблюдением требований к отбору и подготовке проб, участием в МСИ и т.д. Более широкое вовлечение в аналитическую практику современных высокопроизводительных и высокочувствительных методов анализа — атомно-эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой (АЭ-ИСП), масс-спектрального с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП), рентгеноспектрального (РСА) — приводит к возникновению ряда проблем, связанных с их использованием.

АЭ-ИСП метод используется для анализа пород и руд. При анализе горных пород, илов и донных отложений широко применяется методика НСАМ № 487-Х, хромовых руд и продуктов их переработки — НСАМ № 478-ХС. Разрабатывается методика НСАМ анализа марганцевых руд. Необходимость разработки отдельных методик для различных руд связана с тем обстоятельством, что стремление к большей универсальности методики предполагает большую степень разбавления, а это приводит к потере чувствительности, стремление же к обеспечению высокой чувствительности приводит к ограничениям в отношении солевого состава объекта анализа. Поэтому применительно к каждому типу руд разрабатываются процедуры вскрытия проб, состав флюса, соотношение флюса и пробы, набор кислот, температура и продолжительность операций и т.д. Стремление к уменьшению массы навески пробы обуславливает необходимость дополнительных требований к подготовке пробы, ее однородности и представительности.

Дальнейшее развитие получил МС-ИСП метод. Разработаны методики анализа почв, грунтов и донных отложений — НСАМ № 499-С, определения элементного состава азотнокислых и ацетатно-аммонийных вытяжек — НСАМ № 500-С, примесных элементов в металлах и сплавах — НСАМ № 501-С, при-

месного состава твердых полезных ископаемых Мирового океана — НСАМ № 509-С, элементного состава образцов растительного происхождения — НСАМ № 512-С, благородных металлов в рудах — НСАМ № 513-С. Разрабатывается методика НСАМ определения примесных элементов в рудах черных металлов. Важным фактором обеспечения достоверности определения примесного состава МС-ИСП методом является полный учет межатомных интерференций. Проблемой остается задача оценки суммарной погрешности при аттестации МС-ИСП методик анализа.

Широкое применение находит метод PCA. Используются более 20 методик, как многоэлементных, так и определения отдельных элементов в породах, рудах, почвах, грунтах, донных отложениях. В последнее время получили распространение новые технологии PCA определения до 60 элементов с содержанием от 2 г/т ($2 \cdot 10^{-4}$ мас. %), например, на основе технологии «Pro-Trace». Проблемы при аттестации таких методик те же, что и при аттестации методик МС-ИСП анализа.

Многие методики анализа твердых полезных ископаемых суши, с точки зрения технологии выполнения анализа, могут служить основой для методик анализа твердых полезных ископаемых Мирового океана. Последние отличаются от таковых суши представленными в них минеральными формами и рядом физических свойств — пористостью, гигроскопичностью, влажностью, что приводит к необходимости унифицировать требования к способам учета гигроскопической влаги, рассмотреть особенности применения СОС, уточнить нормы погрешности для рудных элементов.

МОДЕЛИ БАЗИТОВЫХ ВУЛКАНОСТРУКТУР И ИХ РОЛЬ В ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКЕ ЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЛМАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ НА ВОСТОКЕ ТУНГУССКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

И.Г.Коробков, А.А.Евстратов (НИГП АК «АЛРОСА», evstratov@cnigri.alrosa-mir.ru)

MODELS OF BASITE VOLCANIC STRUCTURES AND THEIR ROLE IN PREDICTIVE ESTIMATION OF BLANKETED PARTS OF DIAMOND PROVINCE (EAST TUNGUSKA BASIN)

I.G.Korobkov, A.A.Evstratov

На востоке Тунгусской синеклизы расположены три крупных алмазоносных района Якутской провинции, в том числе Моркокинский, Ыгыаттинский и Малоботуобинский. Многие перспективные площади в них бронированы магматическими образованиями трапповой формации. В связи с этим для совершенствования методики поисков большое значение приобретает изучение базитовых образований, направленное на моделирование вулканических процессов и определение их связей со структурами кимберлитовмещающего основания.

Проведение специализированного структурно-формационного анализа позволило районировать мезозойские базиты на изученной территории и закартировать многочисленные палеовулканические структуры (ПВС). Они имеют размеры до 40×60 км, довольно сложное строение и морфологию, обусловленные как многофазностью и продолжительностью вулканической деятельности, так и наложением более поздних эрозионных процессов. Всего в строении ПВС участвуют три основные фазы: первая — эксплозивно-эффузивная; вторая и третья — интрузивные. Внешние контуры ПВС сильно изрезаны и имеют заливообразные очертания, обусловленные радиальными направлениями движения магматических расплавов от центральных частей структур к их периферии. Анализ распределения мощностей интрузивных тел ПВС показал, что в пределах интрузий второй фазы участки с резким увеличением мощностей имеют в плане линейно вытянутый слабоизвилистый характер, связанный с механизмом внедрения и направлениями движения основных объемов магматического расплава. Направления, по которым происходило внедрение интрузий, четко пространственно связаны с линейными тектоническими зонами, представленными в структуре кимберлитовмещающих образований структурными желобами и грабенами. Важным прогностическим аспектом выделения и картирования последних при алмазопроисловых работах служит то, что они, относясь к рифтогенным структурам самых высоких порядков, контролируют эксплозивные проявления кимберлитового магматизма в пределах многих районов Якутской алмазоносной провинции.

Другим необходимым условием при прогнозных построениях на закрытых территориях является локализация участков, отвечающих типовым моделям, которые отражают характер поведения трапповых интрузий вблизи кимберлитовых тел. Выделены пять основных типов этих моделей. Первый тип характеризуется обстановками лишь частичного перекрытия кимберлитовых тел интрузиями долеритов, вто-

рой — появлением бестрапповых «коридоров» и «окон» над трубками в сплошном поле развития интрузивного комплекса, третий — полным бронированием кимберлитов интрузивными телами долеритов, четвертый — взаимоотношениями более поздних порций магматического расплава, выходящих из крупных массивов и интродуцирующих нижнепалеозойские породы, в том числе и сами кимберлиты (именно с этим типом связано появление отторженцев от кимберлитовых тел), пятый — интродуцированием кимберлитов в зонах подводящих каналов ПВС.

Таким образом, изучая направления движения магматических расплавов интрузивного комплекса ПВС и определяя их связь с кимберлитоконтролирующими структурами, а также учитывая установленные модели поведения расплавов в над- и околотрубочных пространствах, можно локализовать поисковые площади, перспективные на проявления среднепалеозойского кимберлитового магматизма.

СТРУКТУРЫ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОЛЕЙ КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА К ПРОГНОЗУ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ

И.Г.Коробков, Н.К.Шахурдина (НИГП АК «АЛРОСА», korobkov@cniagri.alrosa-mir.ru)

KIMBERLITE FIELD STRUCTURES AS A BASIS OF INNOVATIVE APPROACH TO PROGNOSIS OF BEDROCK DIAMOND DEPOSITS

I.G.Korobkov, N.K.Shakhurdina

Структурно-тектонические предпосылки прогноза кимберлитового магматизма, традиционно используемые при алмазопроходных работах, отражают роль кимберлитовмещающих структур, благоприятных для проявлений взрывного магматизма трубчатого типа. Важным моментом прогнозирования с использованием структурно-тектонических факторов является и понимание сущности кимберлитоконтролирующих разломов — относятся ли к ним зоны повышенной трещиноватости, конкретные разрывные нарушения или другие структурные элементы. Частичное разрешение этих вопросов было получено нами при проведении исследований в пределах Мирнинского, Накынского, Алакит-Мархинского, Далдынского и Мунского кимберлитовых полей Якутской алмазоносной провинции. Для сравнения привлечены материалы по структурным позициям Золотицкого кимберлитового поля Архангельской алмазоносной провинции. Цель исследований — выделение и изучение конкретных структур в пределах околотрубчатых пространств и установление возможности их использования в качестве локальных и узколокальных структурно-тектонических факторов прогнозирования.

В результате работ выявлено, что в пределах изученных кимберлитовых полей широко распространены грабенообразные линейные депрессии, выделяемые нами в ранге структурных желобов и грабенов. При этом грабены отличаются от структурных желобов более крутыми бортами и, как правило, более значительным перепадом абсолютных отметок. В анализируемых структурных и эрозионно-структурных (рельеф цоколя) поверхностях они имеют довольно сложный рисунок, часто с резкими разноплановыми (азимутальными) переходами, разветвлениями различной протяженности и амплитуды. Эти структуры унаследованы в породах осадочного чехла на разных его этажах. Протяженность в пределах кимберлитовых полей наиболее крупных грабенов и структурных желобов составляет первые десятки километров при ширине от 1,5–2 до 3–4 км. На бортах грабенов часто фиксируются зоны складчатых деформаций, представленные как отдельными, так и сериями сближенных антиклинальных, гребневидных и горстообразных складок. Картируемые размеры этих структур в отдельности невелики и составляют от 3–5 до 10–50 м по ширине и от 20–50 до 100–300 м по длинной оси. Однако группируясь, они нередко образуют протяженные зоны длиной 3–4 км при ширине 0,3–0,5 км, становясь, таким образом, соизмеримыми с вышеописанными структурами отрицательного плана. Генетически эти складчатые формы образуются в условиях сжатия, возникающего в полужестком карбонатном основании, с одной стороны, и раздвиговых усилий, формирующих структурные желоба и грабены, с другой.

Теоретическая проработка и оценка роли структурных желобов как магмопроводящих структур для взрывных образований показывает, что они занимают самое крайнее положение в иерархическом ряду рифтогенных структур, входящих в зоны динамического влияния древних авлакогенов — Патомско-Вилуйского (Мирнинское и Накынное поля), Катанго-Котуйского (Алакит-Мархинское, Далдынное и Мунское поля) и Керещко-Лешуканского (Золотицкое поле).

Итак, широкое проявление охарактеризованных структурно-тектонических элементов в пределах кимберлитовых полей требует их обязательного учета при локальном прогнозировании как промежуточных объектов поисков в ранге узколокальных высокоперспективных участков, так и непосредственно коренных источников алмазов.

СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЖИЛЬНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕРНИНСКОЕ, СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ

А.А.Котов, Т.М.Злобина (ИГЕМ РАН), irm_31@igem.ru

VERNINSKOE LODGE GOLD DEPOSIT, NE BAIKAL AREA: STRUCTURAL EVALUATION CRITERIA

A.A.Kotov, T.M.Zlobina

Месторождение Вернинское расположено на севере Бодайбинского синклинория во внешней миогеосинклинальной структурно-формационной зоне и входит в центральную часть Кропоткинского рудного узла. В строении рудного поля участвуют терригенные отложения верхнепротерозойской осадочной толщи, представленные переслаивающимися песчаниками, алевролитами и филлитами. Позиция месторождения контролируется Вернинской асимметричной антиклиналью близширотного простирания, запрокинутой на юг, и осложненной мелкой складчатостью, разрывными нарушениями.

Продуктивная золоторудная минерализация представлена пространственно совмещенными кварцево-жильным и кварц-сульфидным прожилково-вкрапленным типами (на месторождении Сухой Лог минерализация этих типов разобщена во времени и пространстве). В пределах трех рудных зон выделяются кварцевые жилы и жильные зоны субширотного, северо-западного и субмеридионального простираний. Большинство исследователей рудного поля считают, что распространение оруденения контролируется складчатыми структурами.

На фланге месторождения предполагается достаточно крупный скрытый разлом северо-восточного простирания, пока не подтвержденный разведочными выработками. При структурно-геометрическом анализе ориентировок рудных жил и прожилков в карьере месторождения над разломом использован метод «поясов в исследовании трещиноватости» В.Н.Даниловича (1961). Установленные максимумы плотностей нормалей к плоскостям золото-кварцевых жил образуют пояса (ложатся на дуги большого круга стереографической равноплоскостной сети), ориентированные субпараллельно простиранию предполагаемого скрытого разлома (рисунок). Выделяются два пояса «согласных» и «секущих» жил и две близкие ориентировки осей В хрупких деформаций, ориентированных нормально как к поясам, так и к простиранию предполагаемого разлома. Это объясняет закономерное размещение рудных жил в трещинах, генетически обусловленных двукратными подвижками крыльев предполагаемого скрытого разлома. Возможно, рудовмещающие трещины образовались в два этапа тектонической активизации предполагаемого разлома, а их выполнение золото-кварцевым материалом могло быть одностадийным. Анализ геологических, минералогических и других данных вместе с данными структурных исследований позволил предположить, что «скрытый» разлом мог служить рудоподводящей структурой для первой рудной зоны, а образованные в результате подвижек вдоль разлома трещины, — рудовмещающие.

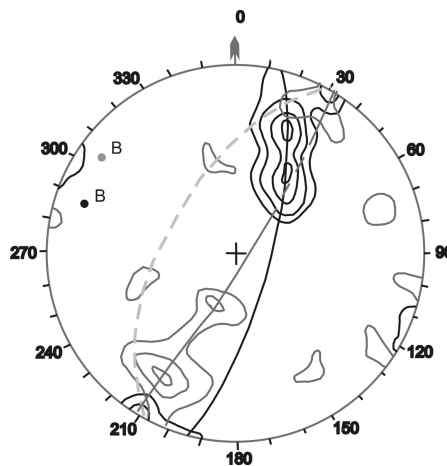


Диаграмма плотностей нормалей к плоскостям золоторудных кварцевых жил

РАСЧЛЕНЕНИЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО ОКОНЧАНИЯ ТЫРКАНДИНСКОЙ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО МЕЛАНЖА ПРИ ПОМОЩИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.А.Кравченко, А.П.Смелов, В.И.Березкин (ИГАБМ СО РАН), freshrock@yandex.ru

CORRELATION OF STRATIFIED SEQUENCES UNDERLYING NORTHERN CLOSURE OF TYRKANDINSK MELANGE ZONE USING GEOCHEMICAL DATA

A.A.Kravchenko, A.P.Smelov, V.I.Berezkin

Изучена геохимия основных кристаллических сланцев и ортогнейсов северного окончания Тыркандинской зоны тектонического меланжа [2]. Установлено, что породы различных толщ характеризуются своими геохимическими особенностями. Кристаллические сланцы и гнейсы иджекской толщи, представляют собой породы известково-щелочной серии и сходны по типу дифференциации и распределению редких и редкоземельных элементов с породами федоровской толщи. Кристаллические сланцы и меланократовые двупироксеновые плагиогнейсы, соответствующие выходам холоболохской толщи по В.Л.Дуку и др. [1] или сутамской толщи по И.М.Фрумкину [3], имеют основной и средний составы, толеитовый тип дифференциации и распределение редких, редкоземельных элементов, близкое с породами нижней коры. Кристаллические сланцы и двупироксеновые плагиогнейсы, соответствующие выходам кюриканской толщи, характеризуются такими же составом и типом дифференциации. Распределение редких и редкоземельных элементов в них близкое с породами коры. В зоне Иджеко-Нуямского разлома (по И.М.Фрумкину суннагинская и улунчинская свиты [3]) обнаружены петрохимические типы пород, соответствующие иджекской и кюриканской толщам, что свидетельствует о меланжировании этих толщ. Кроме того, выявлены амфиболиты толеитовой серии, высокожелезистые, с иным распределением редких и редкоземельных элементов. Учитывая, что выходы этих пород на карте И.М.Фрумкина соответствуют выходам улунчинской свиты, а В.Л.Дук улунчинскую свиту рассматривает как часть сеймской толщи [1], а также петрохимические отличия этих пород, авторы полагают, что они могут представлять собой фрагменты сеймской толщи в зоне Иджеко-Нуямского разлома. Помимо обычно выделяемых в районе толщ и комплексов, в нескольких точках наблюдения зафиксированы кристаллические сланцы основного состава толеитовой серии, близкие по распределению редких и редкоземельных элементов с базальтами океанических островов и нормального типа срединно-океанических хребтов. Первые встречены в виде разлинзованных пластообразных тел, выходы которых сложно интерпретировать, вторые — в виде протяженных (до 600 м) выходов с многочисленными деформациями и инъекционными мигматитами, и могут, действительно, представлять собой реликты древней коры океанического типа.

Независимо от интерпретации геохимических данных, требующей более подробного геолого-структурного обоснования, заметим, что эти данные, несмотря на интенсивный метаморфизм и преобразование гранулитовых комплексов Тыркандинской зоны тектонического меланжа, несут полезную информацию и могут использоваться для расчленения различных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ранний докембрий Южной Якутии / В.Л.Дук, В.И.Кицул, А.Ф.Петров и др. — М.: Наука, 1986.
2. Смелов А.П., Зедгенизов А.Н., Тимофеев В.Ф. Алдано-Становой щит // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М., 2001. С. 81–104.
3. Фрумкин И.М. Объяснительная записка к геологической карте СССР масштаба 1:200 000. Лист О-52-XIV, серия Алданская. — М.: Изд-во ВГФ, 1978.

ИННОВАЦИОННЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ
А.А.Кременецкий, С.А.Карась, А.Г.Пилицын (ИМГРЭ Роснедра Минприроды России),
imgre@imgre.ru

INNOVATIVE GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL METHODS OF GEOLOGICAL EXPLORATION FOR MINERALS AND HYDROCARBONS
A.A.Kremenetsky, S.A.Karas, A.G.Pilitsyn

Характеризуются оригинальные разработки ИМГРЭ и организаций-партнеров по повышению эффективности геологоразведочных работ (ГРП) на открытых и закрытых территориях.

Золото, серебро (Полярный Урал). Для усиления геохимического сигнала от погребенных рудных тел в перекрывающие их рыхлые отложения и установления его природы (солевые или зерновые формы) разработан рациональный комплекс минералого-геохимических методов поисков с использованием ультратонких и ультратяжелых фракций. Объемное минералого-геохимическое картирование зональности АГХП при детализационно-заверочных работах на одном из участков Варчатинско-Таньюсской площади позволило локализовать и оценить прогнозные ресурсы Au и Ag.

Медь (Приполярный Урал). При поисковых геохимических работах на медно-титаномагнетитовые руды (участок Усыншор) для определения содержаний Cu, Ti, V и др. элементов в почве, породах и рудах использован экспресс-метод определения содержаний элементов с помощью портативного РФ-анализатора XMET-5000 фирмы OXFORD Instruments. Приведены методика калибровки прибора для десяти основных типоморфных элементов искоемых руд, различные способы определения содержаний элементов в полевых условиях, результаты сравнения с аттестованными лабораторными методами. Применение экспресс-метода определения содержаний элементов с помощью портативного РФ-анализатора в полевых условиях позволяет существенно сократить время между проведением литохимического опробования, получением результатов аналитических исследований проб, выделением геохимической аномалии и заверкой ее горными и буровыми работами.

Re-Mo-U (восточная часть Восточно-Европейской платформы). Предложена модель формирования месторождений инфильтрационно-полиметального типа за счет глубинных металлоносных растворов, дренируемых вдоль разрывных нарушений, оперяющих авлакогены и подобные им структуры. Разработаны и практически апробированы методы геолого-геохимического прогноза и поисков промышленных Re-Mo-U скоплений, оценки их прогнозных ресурсов и режимы ПВ на ранних стадиях ГРП.

Титан, цирконий (Восточно-Европейская платформа и ее южное обрамление). Разработаны поисковая модель и способ идентификации коренных источников и зон транзита для погребенных титан-циркониевых россыпей на основе процесса формирования во всех перечисленных образованиях разновозрастных регенерационных кайм на разновозрастных детритовых цирконах. Этот процесс обусловлен сменой условий изотопных систем $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ от «закрытых» (формирование детритовых цирконов) к «открытым» (формирование регенерационных кайм) и сопровождается комплементарным перераспределением *in situ* Hf, ΣTR , Y, P и Th (SHRIMP, LA). Эффективность метода апробирована в титан-циркониевых провинциях России и Австралии.

УВ-сырье (Иркутская область). Предложена модель миграции углеводородов (УВ) от залежи к поверхности. На ее основе разработан рациональный комплекс геохимических методов прогноза и поисков глубоко погребенных месторождений УВ. Он включает: районирование территории по различным сорбционным свойствам почвенного слоя, локализацию в почве аномалий свободных газов легких УВ (алканы и алкены $\text{C}_1\text{--C}_8$) и не УВ газов (CO_2 , H_2 , O_2 , N_2), фиксирующих погребенные своды залежей УВ; локализацию аномалий ароматических УВ (бензол, толуол, ксилолы и др.) с применением искусственных пассивных концентраторов, фиксирующих периферию залежей УВ. Комплекс апробирован на месторождениях углеводородов Иркутской области.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ КОДЕКС — ЦЕЛЕНАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ

А.И.Кривцов, Г.В.Ручкин, В.И.Кочнев-Первухов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), tsnigri@tsnigri.ru, А.Ф.Карпузов (Роснедра Минприроды России), karpuzov@rosnedra.com, Е.С.Контарь (Урал РИКЦ), efkontar@mail.ru

METALLOGENIC CODE, ITS OBJECTIVES AND STRUCTURAL PRINCIPLES

A.I.Krivtsov, G.V.Ruchkin, V.I.Kochnev-Pervukhov, E.S.Kontar

Эффективность геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы во многом зависит от результативности прогнозно-металлогенических исследований. Достоверность и воспроизводимость прогнозных построений определяются не только общим состоянием методических основ, но и правилами использования соответствующих терминов, однозначностью (непротиворечивостью) содержания и определений таких терминов и понятий, а также процедурами выделения в геологическом пространстве структурно-вещественных и вещественных комплексов, эквивалентных всем элементам иерархического ряда металлогенических таксонов. Соответственно, для повышения достоверности прогноза рудоносности и обеспечения его воспроизводимости необходимо создание Металлогенического кодекса — свода основных правил и рекомендаций, определяющих содержание и применение терминов, наименований и процедур, используемых в практике геолого-съемочных, прогнозно-металлогенических, поисково-оценочных и разведочных работ на твердые полезные ископаемые.

Назначением Кодекса являются обеспечение единообразия в применении металлогенических терминов, наименований и процедур, единообразие требований к типизации месторождений, металлогеническим, рудным, метасоматическим формациям, процессам и системам, единообразие требований к классификациям ресурсов — запасов, стадийности работ на твердые полезные ископаемые.

Наряду со Стратиграфическим и Петрографическим, Металлогенический кодекс относится к числу важнейших геологических документов, организующих различные аспекты деятельности геологической службы страны, способствующих повышению качества геологической съемки, прогнозных и поисковых работ.

О МЕТОДИКЕ ЭКСПРЕСС-ПРОГНОЗА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАЙОНАХ НОВОГО ОСВОЕНИЯ

В.Г.Крюков (Институт тектоники и геофизики ДВО РАН), kryurov-vg@mail.ru

ON METHODOLOGY OF EXPRESS EVALUATION OF HYDROTHERMAL DEPOSITS IN GREENFIELD AREAS

V.G.Kryukov

Юг Дальнего Востока представляется территорией «нового» освоения в связи с высоким потенциалом выявления крупных и средних по запасам месторождений. Активизация внимания к этому региону вызвана «открытиями» крупных и средних по запасам месторождений золота (Албазино, Бамовское, Белая Гора), цветных металлов (Кун-Маньё), ранее известных в качестве мелких объектов. Несколько тысяч недооцененных проявлений насчитывается в известных и новых рудных районах. Актуальна проблема экспрессного прогноза (разбраковки) объектов, выявленных предшествующими работами.

В начальный этап прогнозной оценки целесообразно установить возможные генетические типы рудных объектов, проявленность гидротермальной деятельности, наличие объектов разного масштаба. Основу новой информации представляет системное изучение шрифотеки к картам м-бов 1:200 000 и 1:50 000 производственных геологических организаций. По наблюдаемым данным составляются карты слабо- и полнопроявленных метасоматитов, выделяются минеральные аномалии. Практически одновременно выполняется разбраковка ранее установленных проявлений полезных ископаемых с использованием эмпирических рядов разрядов рудных объектов по масштабам оруденения или на базе математических расчетов. В частности, на основе использования соотношений, именуемых законом Ципфа, формируется ряд разномасштабных месторождений. Завершающее звено первого этапа оценки — прогнозные карты, составленные с учетом новых геолого-экономических, генетических представлений и экономической

ситуации. Определенное внимание при этом уделяется представлениям о «металлогеническом шаге» в размещении значимых объектов и их отражению в ареалах метасоматических пород.

Важный этап прогнозной оценки — полевой экспресс-анализ геологической обстановки на выделенных «узловых» рудопрооявлениях. Собирается материал по магматитам, гидротермально измененным породам, рудным образованиям, рудовмещающим структурам на нескольких объектах (по возможности в изучение вовлекается максимальное число проявлений). Тематические работы могут быть «усилены» проходкой и опробованием поверхностных горных выработок. В результате устанавливаются масштабы, степень завершенности и интенсивность гидротермальных преобразований. Затраты времени на один объект могут составлять от 4–5 до 10–12 дней. По материалам полевых исследований уточняются (составляются) карты, колонки, разрезы, модели проявлений. Особое внимание уделяется отражению зональности продуктов гидротермального процесса. Цель — выявить в первом приближении масштабы рудоносности, уровень эрозионного среза объекта.

На заключительном этапе анализируются данные изучения шлифов, проб-протоколов, силикатных и спектральных анализов, информация предшествующих исследований по каждому объекту. В сравнительном плане характеризуются изученные проявления. В результате составляются прогнозно-металлогенические карты, а также модели рудных объектов, обосновываются перспективы конкретных участков и делается разбраковка их по значимости.

Подобный подход позволяет оперативно (1–1,5 года), экономично и, при соответствующей квалификации исполнителей, достоверно разработать значительный массив проявлений, локализованных на большой территории. Выделенные при этом участки могут вовлекаться в дальнейшее изучение и последующее освоение.

О МОДЕЛЯХ ПОРФИРОВЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИАМУРЬЯ

В.Г.Крюков, В.Г.Невструев (Институт тектоники и геофизики ДВО РАН), kryukov-vg@mail.ru

ON THE MODELS OF PORPHYRY DEPOSITS OF THE AMUR REGION

V.G.Kryukov, V.G.Nevstruev

Территория Приамурья представляется перспективной площадью на выявление порфирового оруденения с медной, медно-молибденовой, золото-медной, олово-медной минерализацией. Следует отметить слабую степень изученности порфировых объектов и необходимость создания их моделей в регионе. Генетические ряды метасоматитов и фациальные условия формирования месторождений явились основой разработки соответствующих геолого-генетических моделей. При этом учитывались представления по порфировым объектам, сформированные А.И.Кривцовым с соавторами в 80-х годах прошлого столетия и существенно дополненные в последние годы.

В условиях недостаточной минералого-геохимической и геологической информации наиболее эффективный критерий прогноза — анализ метасоматических процессов. Формирование модели порфирового оруденения начинается с определения местоположения объектов в рамках металлогенической области, рудного района. На схемах отражаются вещественные и структурные особенности объектов. Полнопроявленность и масштабность процессов метасоматоза в значительной степени определяют потенциальную промышленную ценность рудных проявлений.

Наборы формаций метасоматитов зависят от глубины становления интрузивных пород и уровня минералообразования. На данной стадии изученности объектов возможно выделение трех уровней: субвулканического, промежуточного и гипабиссального. Для них рассмотрены геолого-генетические модели порфировых объектов.

Субвулканический уровень характеризуется проявленностью биотит-ортоклазовых метасоматитов, пропилитов, кварц-серицитовых и кварц-гидрослюдистых гидротермалитов, сопровождаемых рудной минерализацией. Оруденение преимущественно медное и медное с золотом, максимально концентрируется в кварц-гидрослюдистых метасоматитах.

На промежуточном уровне продукты гидротермального метаморфизма проявлены рядом комплексов пар: ортоклазиты — актинолитовые метасоматиты, березиты — пропилиты, кварц-серицитовые породы — хлорититы и доломитизиты. Характерно медное, молибденовое, золотое оруденение с преимущественной концентрацией в березитах и кварц-серицитовых породах.

Гипабиссальный уровень находит отражение в формировании метасоматического ряда альбититов или альбит-калишпатовых метасоматитов с биотитом, скарноидов или актинолитовых метасоматитов нередко со щелочными рогами обманками, березитов, турмалинитов. Медно-оловянное, медное, медно-молибденовое оруденение практически всегда сопровождается золотой и серебряной минерализацией. Помимо постинтрузивных гидротермально измененных пород, для порфировых проявлений Приамурья характерны сининтрузивные метасоматиты, гидротермально-эксплозивные брекчии и брекчии обрушения. Типичны жилы, дайко- и трубообразные тела метасоматитов. Они обычно «надстраивают» штоки рудоносных гранитов и гранитоидов, характеризуя ранние стадии процесса формирования минерализованных тел.

Максимальные концентрации рудных компонентов свойственны кварц-серицитовым и кварц-серицитовым с хлоритом или турмалином породам. Вместе с тем, примечателен факт наличия вкрапленности рудных минералов (магнетит, халькопирит, молибденит, касситерит, вольфрамит) иногда совместно с апатитом, сфеном в кварцевых обособлениях, своеобразных пегматитоподобных шлирах, сининтрузивных метасоматитах, дайках аплитов.

Создание геолого-генетических моделей на основе анализа метасоматитов существенно повышает эффективность прогнозной оценки порфировых объектов Приамурья.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗБРАКОВКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ КОМСОМОЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ, РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ

В.С.Кряжев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), indi@intv.ru

MINERALIZED OBJECTS OF KOMSOMOLSK AREA, KHAKASSIA: MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL GRADING

V.S.Kryazhev

Комсомольская площадь Ортон-Балыксинского рудного района — перспективный объект для проведения поисковых и разведочных работ на золото. Проявления золото-сульфидно-кварцевой минерализации локализованы в метасоматически проработанных зонах рассланцевания и брекчирования, приуроченных к контактам андезибазальтов и углеродсодержащих карбонатно-терригенных пачек раннего кембрия. В осевых частях зон развиты серицит-анкерит-альбитовые метасоматиты, вмещающие кварцевые жилы и прожилки нескольких генераций. Сульфидная минерализация, в основном представленная вкрапленностью пирита и пирротина, распространена как в метасоматитах, так и во вмещающих породах.

Общая протяженность откартированных минерализованных зон >50 км, однако многие из них не содержат повышенных концентраций Au, часто продуктивной оказывается только часть зоны. В связи с этим особую актуальность приобретают минералого-геохимические критерии предварительной разбровки выявленных зон по продуктивности и определения первоочередных объектов для постановки геологоразведочных работ.

Основными объектами минералого-геохимических исследований служили жильный кварц и сульфиды. Пробы отбирались из канав и керн скважин, вскрывших рудные тела и «пустые» минерализованные зоны. Лабораторные работы включали минералого-петрографические исследования, рентгенофлуоресцентный анализ элементов-примесей, изотопный масс-спектрометрический анализ изотопного состава сульфидной серы и определение параметров термолюминесценции жильного кварца. В результате установлены следующие закономерности:

продуктивные зоны характеризуются аномально высокими содержаниями As в сульфидах, на порядок выше таковых в безрудных зонах и на два порядка — фоновых показателей. Пирит и пирротин золотоносных метасоматитов значительно обогащены тяжелым изотопом серы ($\delta^{34}\text{S}$ от +5 до +16‰). Непродуктивные зоны по этому параметру не отличаются от «фоновой» сульфидной вкрапленности во вмещающих карбонатно-терригенных породах и дайках ($\delta^{34}\text{S}$ от +0,8 до +3,0‰).

Жильный кварц во вмещающих породах не обладает пиковой термолюминесценцией ($I < 10$ у.е.). В продуктивных зонах кварц характеризуется наличием двух интенсивных ($I > 50$ у.е.) пиков термолюминесценции с температурами T_1 220–250 и T_2 290–320°C. При этом кварц, содержащий крупное самородное золото, отличается более высокой интенсивностью высокотемпературного пика ($I_2/I_1 > 1$). Присутствие

такого кварца может указывать на крайне неравномерное (бонанцевое, гнездовое) распределение Au в изучаемой зоне. В непродуктивных зонах кварц имеет только один пик термолюминесценции — высоко- или низкотемпературный. Корреляция термолюминесцентных характеристик с цветовыми и структурными особенностями кварца во всех случаях не выявлена.

Разработанные минералого-геохимические критерии позволяют выполнять предварительную разбраковку минерализованных зон до проведения заверочных работ. Слабозолотоносные участки, на которых установлены все три признака потенциальной продуктивности, могут быть рекомендованы для проведения контрольных анализов на золото в связи с вероятным крайне неравномерным его распределением.

**КОМПЛЕКС МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ
С.Г.Кряжев, Г.К.Хачатрян, С.С.Двуреченская, Ю.В.Васюта, Ю.В.Виленина (ЦНИГРИ
Роснедра Минприроды России), indi@intv.ru**

**GOLD DEPOSITS HOSTED BY CARBONACEOUS TERRIGENOUS SEQUENCES: A SUITE
OF MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL PREDICTIVE AND EXPLORATION CRITERIA
S.G.Kryazhev, G.K.Khachatryan, S.S.Dvurechenskaya, Yu.V.Vasyuta, Yu.V.Vilenkina**

Минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений основана на комплексном изучении метасоматических, минералогических и геохимических ореолов, параметры которых характеризуют сопряженные и соподчиненные элементы окорудного пространства и используются в качестве поисково-оценочных критериев (Чекваидзе и др., 2004). Применительно к обширному семейству полигенно-полихронных золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных толщах комплекс традиционных минералого-геохимических исследований расширен и дополнен современными прецизионными методами анализа порообразующих, жильных и акцессорных минералов.

Изотопно-геохимические методы включают определение содержания и изотопного состава различных форм серы и углерода в породах потенциально рудоносной формации в целях выделения участков, перспективных на обнаружение промышленных руд. Установлено, что аномально высокие значения $\delta^{34}\text{S}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ характерны для продуктивных металлоносных фаций осадков, накапливающихся в конседиментационных впадинах при участии эксгальационных процессов. Наибольшей золотоносностью обладают скопления осадочно-диагенетических сульфидов, которые формируются вблизи рудоподводящих каналов и по изотопному составу серы сопоставимы с субмаринными гидротермально-осадочными образованиями ($\delta^{34}\text{S}=+7\pm 3\%$). Региональный зеленосланцевый метаморфизм не нарушает первичную изотопно-геохимическую зональность рудовмещающих толщ.

Термобарогеохимические методы основаны на изучении рудообразующих магматогенных и метаморфогенных флюидов, реликты которых находятся в виде газово-жидких микровключений в жильном кварце. Выявление ореолов распространения флюидных включений с оценкой их фазового состава проводится путем просмотра отобранных проб кварца под микроскопом. Анализ химического состава флюидов выполняется по оригинальной методике, которая дает возможность одновременного определения концентрации основных компонентов минералообразующих растворов (H_2O , CO_2 , CH_4 , анионы, катионы) и широкого спектра микроэлементов (Au, Ag, As, Sb и др.).

Инструментальные методы изучения типоморфизма минералов позволяют выявить и количественно охарактеризовать такие тонкие особенности их состава и структуры, которые могут использоваться в качестве поисковых критериев. Экспрессность и малозатратность применяемых методик позволяет выполнять исследования в режиме минералогического картирования окорудных ореолов. Термолюминесцентный анализ, в первую очередь, применяется для выделения продуктивных генераций жильного кварца и карбонатов.

ИК-Фурье спектроскопия — наиболее эффективный метод анализа акцессорных минералов (циркона, турмалина, монацита и др.) в шлиховых и протоочных пробах. Современные ИК-Фурье спектрометры, оснащенные ИК-микроскопами, позволяют идентифицировать отдельные микрозерна минералов непосредственно в шлихе и одновременно по особенностям ИК-спектра разделять их на генетические группы.

Возможность выявления среди аксессуаров индикаторных для золотого оруденения разновидностей значительно расширяет возможности шлихоминералогического метода поисков золоторудных месторождений.

Комплексный подход к решению прогнозно-поисковых задач с использованием независимых количественных показателей обеспечивает более высокий уровень достоверности и надежности минералого-геохимических критериев. Оптимальное сочетание применяемых методов зависит от конкретных обстановок ведения поисковых работ и определяется при разработке минералого-геохимической модели объекта поисков на основе изучения пород и руд эталонных месторождений.

ПРОЕКТ DUSEL, ИЛИ ЧТО МОЖНО СОЗДАТЬ НА БАЗЕ ОТРАБОТАННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХОУМСТЕЙК, США

И.А.Кубанцев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru

DUSEL PROJECT, OR PLANS VS. REALITY IN THE VICINITY OF AN EXHAUSTED GOLD GIANT I.A.Kubantsev

Сколково, подмосковный «сколок» калифорнийской Силикон Вэли, понемногу становится реальностью. Но американский научный центр, взятый в России за образец, не остается одиноким форпостом прогресса науки в США. Пример недавно инициированного там крупномасштабного междисциплинарного научно-технического проекта, где определенная роль принадлежит наукам о Земле (сколковским проектом обойденных), — DUSEL (Deep Underground Scientific and Engineering Laboratory — Глубинная Подземная Научно-Техническая Лаборатория). Эта лаборатория, финансируемая главным образом через Национальный научный фонд США (ISF) и располагающаяся близ г. Лид в Южной Дакоте, будет использовать инфраструктуру рудника, эксплуатировавшего отработанное в 2002 г. гигантское золоторудное месторождение Хоумстейк. Максимальная глубина выработок составляет здесь 2440 м. Ученые и раньше успешно проводили в них фундаментальные исследования, требующие защиты от помех, создаваемых космическим излучением, за счет погружения в недра Земли. Так, в 60-х годах американский физик Р.Дэвис при помощи детектора, установленного в горной выработке на горизонте 1480 м, впервые наблюдал так называемые солнечные нейтрино. Этот эксперимент был частью фундаментального исследования, за которое Р.Дэвис и его японский коллега М.Кошиба в 2002 г. были удостоены Нобелевской премии по физике.

Тематический перечень заявленных в рамках программы DUSEL проектов геологической тематики (в порядке убывания частоты встречаемости соответствующих ключевых слов в аннотациях проектов) таков: деформации горных пород, массоперенос в слабопроницаемых горных породах, глубинные микробиологические системы [*континентов*], ограничение выбросов углекислоты и создание подземных хранилищ сжиженных газов, разработка и испытание средств проходки горных выработок и бурения скважин, разработка и испытание средств изучения состава и свойств горных пород, исследование специфики геологических процессов на глубинах 2500–5000 м, история развития геологических процессов региона (включая рудообразование).

В отличие от физиков и микробиологов, уже опубликовавших ряд промежуточных результатов, геологи пока менее продуктивны из-за отсутствия должной финансовой поддержки: общее количество публикаций первых лиц проектов соответствующей геологической тематики, если верить Google Scholar, не превышает пока пяти, что очень мало. Нет международных премий и громкой рекламы — значит, и деньги не те. Но все же в этом проекте геологии принадлежит ее скромное место среди прочих отраслей наук. Детальная изученность геологического строения объекта и истории его формирования в сочетании с доступностью создают прекрасную основу для использования объекта как пробного камня теоретических построений в области рудообразования и испытательного полигона технических средств геологоразведки. Еще одна важная область использования объекта — образовательная. Университет штата Южная Дакота не преминул этим воспользоваться, расширяя свои зарубежные связи. Так, по сообщениям Интернет, в феврале 2011 г. гостями университета и лаборатории были ученые и преподаватели из Горного университета Санкт-Петербурга.

О ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСАХ**А.А.Куденко (ФГУП «Геолэкспертиза»), alkudenko2009@yandex.ru****ON PREDICTED RESOURCES****A.A.Kudenko**

А.И.Кривцов выделил объекты поисковой практики — пункты минерализации, шлиховые ореолы, геофизические и геохимические аномалии, в связи с чем им сделан вывод о том, что «существующие методы металлогенического анализа позволяют локализовать прогнозные ресурсы лишь до уровня рудных полей. Дальнейшее развитие прогнозных построений будет осуществляться на основе прикладных методов, которые еще нужно создать и апробировать».

Это обязывает предложить для обсуждения следующие вопросы:

- квалификация прогнозных ресурсов;
- систематика способов определения прогнозных ресурсов;
- определения категорий прогнозных ресурсов на основе принципов, принятых при категоризации запасов;
- достоверность оценки прогнозных ресурсов категорий P_3 , P_2 и P_1 ;
- геологические аномалии и месторождения твердых полезных ископаемых;
- систематика объектов поисковых работ на основе их изученности, обнаженности, морфологии и вещественного состава;
- стадии геологоразведочных работ, их границы и результаты;
- геологическое задание, техническое задание, проектно-сметная документация и геологические отчеты;
- объекты, типовые задания, геолого-технологические комплексы;
- методика, организация, технология, техника и стоимость работ;
- порядок проектирования поисковых и оценочных работ, его достоинства и недостатки; пообъектное проектирование работ;
- информационно-аналитические базы данных.

СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ КАК ОСНОВА СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ПРОГНОЗНЫХ ПОСТРОЕНИЙ**Н.Г.Кудрявцева, В.В.Кузнецов, А.Л.Галямов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru****STRUCTURAL AND FORMATIONAL REGIONALIZATION OF RUDNY ALTAI (RUSSIAN PART) AS A BASE FOR MEDIUM-SCALE PREDICTIONS****N.G.Kudryavtseva, V.V.Kuznetsov, A.L.Galyamov**

В российской части Рудного Алтая проводятся комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования в м-бе 1:200 000. Основное требование к среднемасштабным прогнозным построениям — обеспечение воспроизводимости их результатов. Для этого А.И.Кривцовым (2010 г.) предложено использование различных вариантов совмещения (наложения) информационных слоев (карт), характеризующих геологическую среду, ее рудоносность и физические характеристики. Такие «тематические слои» включают структурно-формационную, литолого-фациальную и дистанционную основы, карту рудной нагрузки, различные геофизические и геохимические карты.

Основная структурно-формационная карта выполняется на основе свода геологических карт, составленных предыдущими исследователями, путем перевода легенд в формационное содержание и последующей увязкой на сопоставительных колонках осадочных, вулканогенных и магматических комплексов, слагающих Змеиногорский, Золотушинский и Рубцовский рудные районы. Во всех трех рудных районах основание разреза сложено отложениями карбонатно-терригенной (шельфовой) формации раннего палеозоя. На них несогласно залегают породы рифтогенной контрастной базальт-риолитовой рудоносной формации средне-позднедевонского возраста, которые вмещают колчеданно-полиметаллические месторождения. Данная формация подразделяется на две субформации: нижнюю — базальтсодержащую риолитовую

известково-кремнисто-терригенную и верхнюю — базальт-риолитовую кремнисто-терригенную. Перекрывают рудоносные комплексы породы островодужной терригенно-вулканогенной андезит-дацитовой формации позднедевонского возраста и известняково-терригенной морской раннекаменноугольного возраста. Нижняя базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная субформация в пределах рассматриваемых рудных районов имеет трехчленное строение: нижняя пачка — туфогенно-осадочная, средняя — риолитовая, верхняя — туфогенно-алевро-песчаниковая. Верхняя базальт-риолитовая кремнисто-терригенная субформация также имеет трехчленное строение: нижняя пачка — дацириолитовая, средняя — андезибазальтовая (в Змеиногорском районе), туфогенно-осадочная (в Золотушинском) и алевропесчаниковая (в Рубцовском), верхняя — риолитовая терригенно-вулканогенная (в Змеиногорском и Рубцовском районах) и дацириолитовая туфогенно-осадочная (в Золотушинском).

Со структурно-формационной основой совмещена карта рудной нагрузки, на которую вынесены месторождения, рудопоявления и точки минерализации колчеданно-полиметаллической рудной формации. Последняя подразделена на две рудные субформации: свинцово-цинковую колчедансодержащую и медно-свинцово-цинковую колчеданную, отвечающие базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной и базальт-риолитовой кремнисто-терригенной субформациям соответственно.

Литолого-фациальная основа является накладкой на структурно-формационную. На ней показаны: фациальные зоны (жерловые, околожерловые, промежуточные и удаленные), классифицированные по степени удаленности от центра вулканизма и литолого-фациальные разновидности пород, развитые в пределах одной зоны.

Кроме основных перечисленных карт, составлены дополнительные «тематические слои»: геофизические (карты гравитационного и магнитного полей), аномальных геохимических полей, дистанционная основа. В результате совмещения всех карт составлена предварительная прогнозно-металлогеническая карта с указанием перспективных участков для постановки дальнейших геологоразведочных работ.

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНОАЛТАЙСКОГО ТИПА

В.В.Кузнецов, А.Е.Александрова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru

PREDICTIVE EXPLORATION MODELS OF THE RUDNY ALTAY-STYLE MINERALIZATION V.V.Kuznetsov, A.E.Aleksandrova

В результате работ по созданию моделей месторождений золота, меди, свинца и цинка в начале 90-х годов прошлого века сотрудниками ЦНИГРИ модели некоторых колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа были выполнены на бумажных носителях. При этом была разработана структура моделей, выбраны основные параметры, начато сопоставление наиболее крупных объектов. Продолжая эти работы с применением современных методов и технологий цифровой картографии, удалось разработать принципиально новый подход к созданию моделей, основанный на литолого-формационном анализе околорудного и рудного пространства. Число сопоставляемых объектов и объем графических материалов, характеризующих параметры рудных тел, увеличились (добавлены пресс-проекции рудных тел на горизонтальную и вертикальную плоскость, детальные колонки составов и структурно-текстурных особенностей руд и др.). Важной особенностью моделей нового поколения стало объединение всего комплекса информации в единой геоинформационной системе с использованием баз и банков данных.

Всего разработано 20 псевдотрехмерных срезовых геолого-поисковых моделей колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа, расположенных в трех рудных районах — Рубцовском, Змеиногорском и Золотушинском. По результатам сравнительного анализа литолого-формационной принадлежности надрудных, рудовмещающих и подрудных комплексов созданных макетов уточнено положение рудовмещающих горизонтов эмс-эйфельского, живетского и живет-франского возрастов (для северо-западной части Рудного Алтая) и приуроченных к ним месторождений, геологическое строение Корбалтхинской, Лазурской, Титовско-Сургутановской, Таловской и Захаровской площадей, а также стратиграфических колонок рудных районов.

Сопоставление макетов месторождений позволило установить:

четкую приуроченность оруденения к ритмично-слоистому (в региональном плане) вулканогенно-осадочному разрезу Рудного Алтая, а именно к кровле или подошве ритмов преимущественно осадочно-

го состава (пачки тонкого переслаивания вулканогенных и осадочных пород с преобладанием кремнистых алевролитов и фтанитов) туфогенно-осадочной, туфогенно-алевропесчаниковой и алевропесчаниковой субформаций (в непосредственной близости с толщами вулканитов кислого состава);

приуроченность наиболее крупных объектов к вулканотектоническим депрессиям на склонах или в междупольном пространстве вулканических построек кислого состава, выраженных в современных структурах флексуообразными в плане складкам с углами перегиба 60–90°;

сходство строения рудовмещающих комплексов одного стратиграфического уровня независимо от приуроченности к рудным районам;

Анализ пресс-проекции и рудных колонок позволил выделить на каждом месторождении три уровня локализации руд, различающихся по составу и объему. Наиболее хорошо в пределах всех месторождений, как правило, развит средний уровень, содержащий основные запасы руды. Верхний и нижний уровни плохо выдержаны по мощности и простираению, отличаются незначительным объемом. Для нижнего уровня характерны более высокая колчеданность и повышенное содержание Cu, чем для среднего и верхнего. На многих месторождениях отмечается смещение уровней относительно друг друга по латерали. Выявленные закономерности имеют существенное значение для определения уровня эрозионного среза и, соответственно, оценки перспективности разведываемых месторождений.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РУДОНОСНЫХ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА И ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНО-АЛТАЙСКОГО ТИПА

В.В.Кузнецов, А.Л.Галямов, Н.Г.Кудрявцева (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
tsnigri@tsnigri.ru

LITHOLOGICAL AND FACIES ANALYSIS OF MINERALIZED VOLCANO-SEDIMENTARY SEQUENCES AS APPLIED IN PREDICTION AND EXPLORATION OF RUDNY ALTAI-STYLE MINERALIZATION

V.V.Kuznetsov, A.L.Galyamov, N.G.Kudryavtseva

Многочисленные исследования областей, сложенных вулканогенно-осадочными породами, показывают, что для углубленного понимания последовательности и динамики формирования вулканогенных структур оптимальным является разделение вулканогенно-осадочных толщ на жерловую, околожерловую, промежуточную и удаленную фации. В соответствии с этим рудоносные формации Змеиногорского, Золотушинского и Рубцовского районов разделяются на фациальные зоны. Границы между зонами обычно условные, однако в данном случае они четко фиксируются по литологическому и петрографическому составу.

Роль литолого-фациального анализа вулканогенно-осадочных толщ составляет важный этап при изучении закономерностей локализации оруденения рудноалтайского типа. Применение данного подхода позволяет выделить и оконтурить локальные вулканопараты, определить их строение и выявить зональность в распространении пород вулканогенно-осадочных комплексов и их наложенных изменений, связанных со свинцово-цинковой минерализацией. При этом существенное значение имеет детальность выделения фациальных рядов вулканогенно-осадочного разреза, составляющих одну из основных характеристик развития вулканических областей.

Изучено литолого-фациальное строение средне- и верхнедевонских вулканогенных толщ основных рудовмещающих формаций — нижней терригенной базальтсодержащей риолитовой и верхней базальт-риолитовой. В легенду включено цветовое отображение общего фациального строения формаций:

жерловая фация — субвулканические секущие тела кислого и основного состава, риолитов, автомагматических брекчий и кластических лав. Автомагматические брекчии слагают межпластовые и штокообразные тела размером до 1–1,5 км в поперечнике, наиболее крупные отмечаются в Змеиногорском районе (севернее поселков Семеновка и Ключи) и центральной части Рубцовского. Крупновкрапленные риолиты и риодациты слагают небольшие достаточно однородные субвулканические тела размером до 0,5 км с многочисленными ксенолитами и брекчированностью вблизи контактов;

околожерловая фация — лавы и лавобрекчии кислого и основного состава, а также их крупнообломочные туфы;

промежуточная фация — лавы кислого и основного состава и их мелкообломочные туфы. Среди пород основного состава околожерловой и промежуточной фаций преобладают лавовые образования, что свидетельствует об их низком эксплозивном индексе. В породах кислого состава наряду с покровными фациями значительную часть составляют эксплозивные, что указывает на высокий эксплозивный индекс;

удаленная фация — мелководные прибрежно-морские терригенные, терригенно-карбонатные и карбонатные отложения, а также карбонатные породы рифогенных построек. Литологические особенности состава вулканогенных и терригенных фаций отображены крапом.

Выделенные фациальные и литологические особенности строения рудовмещающих толщ использованы при построении моделей ряда месторождений Змеиногорского, Золотушинского и Рубцовского рудных районов и карт-врезок по результатам крупномасштабного картирования и изучения материала скважин прошлых лет. Детальное изучение литолого-фациальных особенностей перспективных площадей, их соотнесение с геохимическими, петрографическими и геофизическими данными, характеризующими строение и свойства геологической среды до глубины 1000 м, позволит в дальнейшем выделять участки, наиболее перспективные на обнаружение новых слепых рудных залежей рудноалтайского типа.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДНЫХ ТЕЛ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗМЕИНОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА, РУДНЫЙ АЛТАЙ

С.В.Кузнецова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), tsnigri@tsnigru.ru

ZMEINOGORSK ORE CLUSTER, RUDNY ALTAI: MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE MASSIVE SULFIDE BASE METAL DEPOSITS

S.V.Kuznetsova

Месторождения и рудопроявления рудного района относятся к колчеданно-полиметаллической рудной формации, которая подразделяется на две субформации: свинцово-цинковую колчедансодержащую (Зареченское, Среднее, Семеновское месторождения) и медно-свинцово-цинковую колчеданную (Корбалихинское, Лазурское месторождения). Ниже приводится характеристика руд месторождений выделенных субформаций на примере Семеновского и Лазурского месторождений, изученных в процессе проводимых в настоящее время прогнозно-поисковых работ в российской части Рудного Алтая с привлечением опубликованных ранее материалов (Б.И.Вейц, С.А.Горжевая, А.Д.Строителиев и др.).

Семеновское месторождение приурочено к основанию Садовушинской вулканической постройки. Рудные тела — кулисообразно расположенные линзы с общим склонением на северо-запад. В их составе преобладает серебро-свинцово-цинковый тип с подчиненным количеством пирита и мельниквит-пирита. Выделяется первичный гидротермально-осадочный и метаморфогенный генетические типы. Первичные руды (составляют ~30%) представлены минералами галенит-сфалерит-пиритовой ассоциации. Минералы ассоциации сложены мономинеральными или смешанными фрамбоидами и почками коломорфного строения. Смешанные фрамбоиды имеют зональное строение — центральные их части выполнены сфалеритом и галенитом, периферические — пиритом. Первичные руды наблюдаются в виде реликтов среди перекристаллизованных гранобластовых и частично переотложенных прожилково-вкрапленных руд метаморфогенного этапа. Текстуры первичных руд — слоистые, ритмично-слоистые, метаморфогенных — вкрапленные, прожилково-вкрапленные и массивные. Важная геохимическая особенность руд — высокое содержание Au, Ag, In, Cd и других элементов. В частности, содержание Au в сульфидах первичных руд колеблется от 14 до 32 г/т, в метаморфогенных — не более 1,5 г/т, что связано с очищением сульфидов под действием метаморфизма с образованием свободных форм.

Лазурское месторождение приурочено к локальной вулканической впадине на склоне Гольцовской вулканической постройки. Рудные тела линзовидной или пластообразной форм. Главные минеральные типы руд — галенит-сфалерит-пиритовый и халькопирит-сфалерит-пиритовый, отвечающие соответственно гидротермально-осадочному и метаморфогенному этапам рудообразования. Первичные руды имеют коломорфные, глобулярные, фрамбоидальные и мозаичные структуры, различные слоистые, массивные и брекчиевые текстуры. Метаморфогенные руды представлены группой структур замещения (гипидиаморфнометазернистой, аллотриаморфнозернистой, коррозионной и др.) с образованием прожилково-вкрапленных, гнездово-вкрапленных, пятнистых текстур. Золото-серебронность руды и сульфидов низкая, что характерно для данного типа месторождений.

Минералого-геохимическая зональность обоих месторождений сходная и наблюдается в виде зонального распределения Pb, Zn, Cu по мощности и падению рудных тел. По падению характерно увеличение доли Cu или Zn с глубиной. По мощности — к лежащему боку приурочены наиболее медистые прожилково-вкрапленные руды, а к висячему обедненные Cu с повышенной долей Pb слоистые и массивные руды.

Таким образом, выявленные особенности минерального состава руд, их минералого-геохимическая зональность позволяют дополнить геолого-поисковые модели месторождений района и использовать их при прогнозно-поисковых исследованиях.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ МУЗЕЯ «РУДЫ БЛАГОРОДНЫХ, ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И АЛМАЗОВ» И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Т.П.Кузнецова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), okt@tsnigri.ru

TSNIGRI MUSEUM OF ORES (BASE AND PRECIOUS METALS, DIAMONDS): INFORMATION RESOURCES APPLIED TO INTERDISCIPLINARY STUDIES OF MINERAL DEPOSITS

T.P.Kuznetsova

Музей «Руды благородных, цветных металлов и алмазов» ЦНИГРИ располагает коллекцией пород, руд и минералов более 500 месторождений золота, серебра, платины, цветных металлов, алмазов России и мира, рудопоявлений Мирового океана. Уникальна специализированная коллекция рудного и россыпного золота, представляющая главные золотоносные провинции России. В экспозиции музея — систематизированные эталонные коллекции образцов руд и вмещающих пород месторождений цветных и благородных металлов ведущих геолого-промышленных типов. Эти коллекции часто являются единственным источником информации о полностью отработанных к настоящему времени объектах.

Коллекционный материал отражает все направления работ, проводимых институтом, и служит основой для большого числа специализированных и тематических коллекций. Музейные образцы экспонируются на отраслевых, всероссийских и международных выставках и вызывают неизменный интерес посетителей.

В настоящее время в трех залах музея представлена экспозиция, характеризующая руды и вмещающие породы из различных частей рудного и околорудного пространства месторождений благородных, цветных металлов и алмазов ведущих геолого-промышленных типов. Основу музейного фонда составляет каменный материал — образцы, штуфы, пробы, брикеты пород и руд, отражающие важнейшие рудно-минералогические характеристики месторождений. Научно-вспомогательный фонд содержит шрифотеку и фототеку (атласы, альбомы, плакаты и т.д.), графические материалы и аналитические данные, дополняющие коллекции по месторождениям.

Основные направления деятельности музея: рекламно-маркетинговое — пропаганда достижений института в области изучения рудных месторождений; научно-методическое — выполнение научно-исследовательских работ по прогнозу, поискам, оценке и разведке рудных месторождений. Существенную помощь музей оказывает молодым ученым, предоставляя материалы для исследований; просветительское — популяризация достижений современной геологии; информационно-фондовое — создание экспозиционного и резервного фонда, исследование минералогических коллекций, межмузейный обмен образцами и коллекциями.

Главная ценность музея — систематическая коллекция, представляющая руды ведущих геолого-промышленных типов месторождений золота, серебра, платины, меди, свинца, цинка, никеля, кобальта, алмазов, которая постоянно экспонируется в залах музея и позволяет ознакомиться с различными типами руд месторождений полезных ископаемых.

Каменный материал сопровождается информацией об обстановках нахождения месторождений, составе рудовмещающих и рудоносных формаций, морфологии рудных тел, освоенности месторождений, степени участия ЦНИГРИ в их изучении. Эта информация служит наглядной иллюстрацией к составленной в ЦНИГРИ карте месторождений алмазов, цветных и благородных металлов России и сопредельных государств. По 23 крупным месторождениям золота, серебра, меди, никеля, свинца, цинка и алмазов созданы эталонные коллекции типовых образцов руд и вмещающих пород, которые иллюстрируются геоло-

гическими планами, разрезами, наборами прозрачных и полированных шлифов, текстовыми материалами по геологическому строению месторождений и вещественному составу руд. Эти материалы отражают все главные минеральные и промышленные типы руд, их структурно-текстурные и генетические особенности, морфологию рудных тел, зональность месторождений, метасоматические изменения вмещающих пород и широко используются в комплексных исследованиях, проводимых институтом.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РОССЫПЯХ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИХ ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ

В.И.Куторгин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), astarasov58@mail.ru

KEY FEATURES OF THE PRECIOUS METALS DISTRIBUTION IN PLACERS AND OPTIMIZATION OF RELATED EXPLORATION TECHNIQUES

V.I.Kutorgin

Характерная особенность распределения благородных металлов в россыпях — их скопления в виде гнезд-фракталов различных по величине и форме, неравномерно и дискретно располагающихся в плане (по ширине и длине) продуктивной залежи и в разрезе продуктивного пласта. Они обусловлены в основном сочетанием флювиальных и денудационных процессов, неравномерным поступлением обломочного материала в сферу действия водного потока, неодинаковой степенью перемещения полезного компонента в свободном состоянии в течение длительного периода формирования россыпи.

Многофакторным анализом в россыпях благородных металлов определены основные признаки, составляющие по совокупности концентрационные, морфометрические, горно-технические, методические и вещественные модели. Концентрационные модели определяют группировку россыпей по степени структурной неоднородности строения; морфометрические, горно-технические и методические модели дополняют и конкретизируют эту группировку. С учетом соотношения положительных и отрицательных элементов неоднородности выделены пять моделей структурной неоднородности россыпи: однородные насыщения; насыщения прерывисто-гнездового строения; с сочетанием участков насыщения и рассеяния; рассеяния; рассеяния с большой рассредоточенностью положительных элементов неоднородности.

Степень неоднородности строения и изменчивости параметров продуктивных пластов в россыпях благородных металлов обуславливают характеристику структуры россыпи с количественной оценкой степени неоднородности строения и изменчивости параметров продуктивных пластов. Количественная характеристика структуры россыпи использована в обосновании классификации россыпей по сложности строения, где вторая и третья группы сложности разделены на две подгруппы, определяющие область применения различных систем разведки.

Методы разведки и методики опробования россыпей благородных металлов оптимизированы с учетом сложности строения для всех трех групп (вторая, третья и четвертая) на основе обобщенных многофакторных моделей. Для первой подгруппы второй группы и третьей группы россыпей рациональны точечные выработки, для второй подгруппы второй группы и четвертой группы — линейные. Обоснованы объемы проб и плотность сети опробования для надежной фиксации уровней строения и определения запасов с необходимой достоверностью. В соответствии с предложенной классификацией оптимизирована и методика эксплуатационного опробования при разработке россыпей благородных металлов.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАПАСОВ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ОЦЕНКЕ НА ПРИМЕРЕ ОТРАБОТКИ РОССЫПИ р. КОНДЕР

В.И.Куторгин, А.С.Тарасов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), astarasov58@mail.ru

MAN-MADE MINERAL RESOURCES: BEST PRACTICE OF THEIR ESTIMATION (AS EXEMPLIFIED BY THE KONDYOR VALLEY PLACER)

V.I.Kutorgin, A.S.Tarasov

Техногенные запасы — перспективные объекты для пополнения сырьевой базы действующих предприятий. Вовлечение их в отработку в пределах последнего позволит не только укрепить сырьевую базу, но при истощении целиковых запасов сохранить жизнедеятельность предприятия на достаточно продолжительный срок.

На основе анализа материалов по геологии, методике разведки оценена неоднородность строения целиковой россыпи, которая напрямую влияет на характер техногенного комплекса. При этом учитывались комплекс геолого-геоморфологических особенностей строения россыпи и степень изменчивости параметров, характер распределения и крупность металла, изменчивость продуктивности пласта по простиранию и ширине россыпи. По результатам опробования и анализа материалов построены графические модели россыпи, на которых отображена изменчивость основных параметров с дополнением статистических характеристик, а также геолого-геоморфологических, горно-геологических условий залегания продуктивного пласта, его морфологии, характера распределения металла по концентрации и крупности. На этой основе выбраны представительные участки с различной неоднородностью строения техногенных образований для изучения комплекса различными способами и средствами разведки:

отбор и промывка валовых проб (крупнообъемное опробование до нескольких сотен кубических метров) из траншей по гале-эфельным отвалам;

отбор и промывка точечных проб (среднеобъемное опробование объемом 0,2 м³) из гале-эфельных и торфяных отвалов по всей площади техногенного комплекса;

проходка и опробование скважин ударно-канатного бурения (малообъемное опробование) по торфяным и гале-эфельным отвалам.

Наиболее перспективны из всех оцениваемых — эфельные отвалы, образованные в результате промывки и обогащения песков целиковой россыпи. Достоверность опробования обеспечивается определенной сетью наблюдений и представительным объемом проб.

Сопоставление результатов опробования по содержаниям металла между сопряженными крупнообъемными валовыми и среднеобъемными точечными пробами показало достаточно высокую сходимость на уровне от $K_c=1,0$ до $K_c=0,89$. Опробование сопряженными скважинами показало значительное занижение содержаний ($K_c=0,45-0,46$).

Основные методические рекомендации сводятся к следующему:

главным видом опробования техногенного отвального комплекса месторождения р. Кондер являются среднеобъемные рядовые пробы объемом 0,2 м³. В разведочном профиле достаточно отбирать 60–80 проб, обеспечивающих объем групповой пробы 12–16 м³. Расстояние между профилями целесообразно принимать в пределах 800–1200 м в зависимости от длины оцениваемого участка по условиям неоднородности геологических и горно-технических признаков целиковой россыпи;

валовое опробование в единичных профилях использовать в основном для заверочных целей, проводить прерывистыми секциями в разведочном профиле;

буровые скважины по гале-эфельным отвалам использовать главным образом для качественной и количественной оценок запасов горной массы, определяя ее мощность на разведываемой площади. Вместе с тем, торфяные отвалы, представленные более связанными, непромытыми отложениями, могут оцениваться бурением. При этом необходим строгий геологический контроль с обязательным замером фактического объема пробы в интервале опробования.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТО-КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА: КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ПОИСКА НА ПРИМЕРЕ ВОЗНЕСЕНСКО- ПРИСАКМАРСКОЙ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ

П.Г.Кучеревский, К.М.Минькин, И.Л.Реут (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
dnms@tsnigri.ru

GOLD-QUARTZ-SULFIDE-STYLE DEPOSITS IN SOUTH URALS: PROGNOSTIC AND EXPLO- RATION CRITERIA (AS EXEMPLIFIED BY THE VOZNESENSK-SAKMARA STRUCTURAL FORMATIVE ZONE)

P.G.Kucherevsky, K.M.Min'kin, I.L.Reut

Месторождения золото-кварц-сульфидных руд Урала традиционно рассматриваются в ассоциации с орогенными интрузивными образованиями и зонами тектогенеза [1–4]. Однако в последние годы накоплены данные о приуроченности таких руд к вулканогенно-осадочным комплексам, имеющим свои геологические и геохимические особенности. Это, с нашей точки зрения, ставит такие комплексы в ряд важных типовых обстановок образования месторождений.

При анализе геологических материалов по наиболее полно исследованным месторождениям и рудопроявлениям золото-кварц-сульфидных руд Вознесенско-Присакмарской структурно-формационной зоны (Малый Каран, Николаевское, Орловское, Асфандьяровское, Борисовское, Кривая Жила и др.) нами установлено, что наиболее значимые из них приурочены к определенным литолого-стратиграфическим уровням: низам разреза ирендыкской свиты среднего девона (D_2ir), сложенным разнообломочными вулканокластическими образованиями преимущественно базальтового состава; низам разреза зилаирской свиты позднего девона – раннего карбона (D_3-C_1zl), в составе которых преобладают мелко-тонкообломочные отложения основного и смешанного составов.

Изучение геохимических особенностей вулканогенно-осадочных пород отмеченных рудоноснорудовмещающих комплексов в пределах рудных полей, вне зон окolorудных метасоматических преобразований, показало, что в них заметно повышены относительно фоновых для вулканогенно-осадочных пород содержания Au, составляющие в среднем 16–18 мг/т, что свидетельствует об их геохимической специализации на золото. В этих же породах, включающих рассредоточенную вкрапленность и полосовидные скопления диагенетического пирита, содержание Au возрастает до 450 мг/т, составляя в среднем 25–26 мг/т. Наряду с Au положительными кларками концентрации в рассматриваемых породах, как правило, характеризуются такие элементы, как Cu, Zn, Pb, As, Mo, Ni, Cr, W.

Результаты геохимического изучения окolorудных метасоматитов говорит о том, что в их ореоле могут быть выделены области очень высоких и аномально низких (ниже кларковых) концентраций Au и других рудообразующих элементов, что, с нашей точки зрения, указывает на значительную роль процессов ремобилизации вещества и регенерации при рудообразовании.

Стратиграфическая позиция вулканогенно-осадочных пород потенциально рудоносных комплексов, их геохимические особенности, а также особенности тектонического и метасоматического преобразования рассматриваются нами в качестве критериев прогноза и поиска месторождений золото-кварц-сульфидных руд в геологических условиях данного региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаевский Н.И. Золотоносные альбититы рудника Малый Каран в Учалинском районе // Тр. треста Золоторазведка и НИГРИЗОЛОТО. М., 1938. С. 1–16.
2. Знаменский С.Е., Серавкин И.Б. Структурные условия локализации позднеколлизийных месторождений золота Магнитогорского мегасинклинория // Руды и металлы. 2001. № 6. С. 26–36.
3. Салихов Д.Н., Бердников П.Г. Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклинория. – Уфа, БФАН СССР, 1985.
4. Сопко П.Ф. Типы золоторудных месторождений Башкирии и некоторые закономерности их размещения // Условия локализации рудных месторождений на Южном Урале. Уфа, 1977. С. 59–72.

СПЕЦИФИКА ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ НА ВЫЯВЛЕНИЕ МАРГАНЦЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Р.Х.Латыпов, В.В.Лопатин (ОАО «Геоцентр-Москва»), razzak@inbox.ru

Mn-BEARING SEQUENCES UNDERLYING THE CENTRAL FEDERAL OKRUG TERRITORY: SPECIAL FEATURES OF EXPLORATION AND EVALUATION STUDIES

R.Kh.Latypov, V.V.Lopatin

Марганцевое сырье играет важную роль в экономике России. На протяжении нескольких десятилетий XX в. потребности металлургической промышленности России в этом сырье обеспечивали Украина, Грузия и Казахстан. По общим запасам марганца Россия занимала девятое место в мире. В настоящее время в стране практически отсутствует собственная марганцедобывающая промышленность, имеющиеся марганцевые месторождения не осваиваются, добыча марганцевых руд ведется в малых объемах (в 2007 г. — 44 тыс. т, хотя это в 3,7 раза больше, чем в 2006 г.).

В пределах Центрального федерального округа в настоящее время проводятся опережающие геохимические работы по выявлению марганцесодержащих руд на территории Владимирской, Липецкой, Орловской, Белгородской, Воронежской и Тамбовской областей. Основной потенциал марганцевой промышленности перемещается к южным областям округа (в ходе геохимических работ на Окско-Цнинском валу во Владимирской области в 2001 г. качественная оценка марганцевого сырья получила отрицательные результаты). Всего выявлено 39 аномалий марганцевой ассоциации с прогнозными ресурсами категории P_3 (рисунок). Среднее содержание марганца, например, на территории Владимирской области составляет 16% при глубине залегания продуктивных слоев >34 м (иногда марганцевое оруденение фиксируется контрастными аномалиями в рыхлых отложениях и донных осадках).

Большее количество марганцевых аномалий сосредоточено в пределах листа N-37-VII. Марганценосными являются все стратиграфические подразделения нижнего (от бобриковского горизонта и выше) и среднего карбона, средней – верхней юры, нижнего мела — отложения стешевского (K_{1st}) и верейского (K_{2vr}) горизонтов. В пределах первого марганценосны карбонатные породы, во втором нет четкой приуроченности к какому-либо типу пород.



Схема размещения потенциально перспективных площадей на марганец:

1 — Малиновско-Шляховская, 2 — Тимская, 3 — Павловско-Богучарская, 4 — Новохоперская, 5 — Комаричинская, 6 — Белгородская

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И АПРОБАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ Re-Mo-U РУД НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Р.Х.Латыпов, В.В.Лопатин (ОАО «Геоцентр-Москва»), razzak@inbox.ru, lopatinVVI@yandex.ru

DEVELOPMENT AND TESTING OF RE EXTRACTION TECHNIQUE FROM HYDROMORPHIC Re-Mo-U ORE, CENTRAL FEDERAL OKRUG

R.Kh.Latypov, V.V.Lopatin

Как известно, Re — попутный компонент в медно-порфировых, урановых рудах, медистых песчаниках (в молибдените его содержание 1,2–4,8 вес. %). К источникам промышленного получения Re относятся молибденитовые, медные, медно-молибденовые концентраты, продукты их переработки, отходы переработки медистых сланцев и промышленные воды.

Переработка сульфидного Re-содержащего медного и молибденового сырья основана на пирометаллургических процессах (плавка, конвертирование, окислительный обжиг). В условиях высо-

ких температур Re возгоняется в виде высшего оксида Re_2O_7 , который затем задерживается в системах пылегазоулавливания. В случае неполной возгонки Re при обжиге молибденитовых концентратов часть его остается в огарках и переходит в аммиачные или содовые растворы их выщелачивания. Таким образом, источниками получения Re при переработке молибденитовых концентратов могут служить серно-кислотные растворы мокрых систем пылеулавливания и маточные растворы после гидрометаллургической переработки огарков. При плавке медных концентратов с газами уносится 56–60% Re. Невозогнавшийся Re целиком переходит в промежуточный продукт — штейн, при конвертировании которого содержащийся в нем Re удаляется с газами. Если печные и конверторные газы используют для производства серной кислоты, то Re концентрируется в промывной циркуляционной серной кислоте электрофильтров в виде ренийевой кислоты. Таким образом, промывная серная кислота служит основным источником получения Re при переработке медных концентратов.

Основные методы выделения из растворов и очистки Re — экстракционные и сорбционные. После возгонки и очистки раствора итоговый выход из руды составляет 65–85%. Ввиду столь низкой доли выделения дорогого металла ведутся поиски альтернативных способов извлечения из руды (применительно ко всем рассеянными металлам). Одним из современных методов — извлечением нанодисперсий в водный, а не кислотный или щелочной раствор, — обнаруживают значительно меньшие концентрации. Этот метод применим при сравнительно недорогом способе разработки — подземном выщелачивании урана, когда имеют место промышленные воды, содержащие Re. Из технологических растворов Re может извлекаться также сорбционным методом по усовершенствованной Гинцветметом технологии.

Наиболее перспективные ренийевые провинции существуют в Узбекистане (урановые руды), Казахстане (свинцовая Re-содержащая пыль). В России до 1991 г. ренийевая продукция производилась на двух заводах — Скопинском ГМЗ в Рязанской области и заводе «Победит» во Владикавказе (около 2 т Re). На заводах Re извлекался из растворов мокрой очистки газов, образующихся в процессе обжига молибденовых концентратов в печах кипящего слоя с последующей их экстракцией и электролизом. Скопинский ГМЗ использовал молибденовые концентраты из Монголии и Армении, а также промпродукт Алмалыкского завода в Узбекистане. Продукция завода частично возвращалась предприятиям-поставщикам и импортировалась в Финляндию и другие страны Западной Европы. Производство Re из вторсырья в России осуществлялось на Полевском криолитовом заводе и комбинате «Североникель», перерабатывающем лопатки газовых турбин. Оно составляло несколько сотен килограмм.

На территории Центрального федерального округа поиски рения могут сопровождать поиски урана (например, ОАО «Геоцентр-Москва» занималось проявлением рения из инфильтрационных Re-Mo-U руд на урановом проявлении Бельское в Тверской области).

ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНО-РУДОНОСНЫХ СТРУКТУР ПО ГЛУБИНЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

А.П.Лихачев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), alexanderlikhachev@rambler.ru

PINPOINTING PROMISING MINERALIZED STRUCTURES USING THE DEEP PENETRATION GEOPHYSICS

A.P.Likhachev

Рассматриваются вопросы формирования перспективно-рудноносных структур континентов и возможности использования для их выявления глубинных геофизических данных. К перспективным отнесены наложенные на архейский фундамент депрессионные осадочно-вулканогенные структуры, претерпевшие различную степень тектонических и метаморфических преобразований. Они приурочены к ослабленным зонам земной коры, в которых осуществлялись опускание и интенсивное накопление эрозионно- и хемогенно-осадочных толщ, поступление больших объемов магматических масс и активное проявление рудообразующих магматогенных и гидротермальных процессов.

Возникновение ослабленных зон и образование в них депрессионных структур связывается с растяжением земной коры под действием ротационных сил вращения планеты и в результате подъема мантийных и коровых масс, обусловленного проникновением в горячую мантию воды гидросферы. Вода вызывает снижение температуры плавления, гидратацию и увеличение объема мантийного материала, его подъем и растяжение вышележащих толщ, сопровождающихся проявлением «флюидного» и «декомпрес-

сионного» магматизма, формированием депрессионных структур, образованием магматических, гидротермальных и осадочных месторождений.

Действие ротационных сил вращения планеты имеет общее (глобальное) значение, подъем твердых («диапировых») и расплавных («плюмных») мантийных масс — региональное, а внедрение отдельных магматических тел — локальное. Причем глобальный фактор участвует в проявлении двух других процессов.

Во всех случаях в растягивающихся слоях возникают однотипные напряжения, приводящие к образованию ортогональных и диагональных разрывов. Положение диагональных напряжений меняется в зависимости от величины растяжения слоя. Вначале их ориентировка приближается к 45° и в них достигается наибольшее расширение. Но при дальнейшем растяжении слоя диагональные напряжения увеличивают угол своего положения, вытягиваются и испытывают сужение (сжатие). Сжатию могут подвергаться и ортогональные разрывы, когда их пространства заполняются новым (эрозионным, магматическим и гидротермальным) веществом, увеличивающим массу разрывного пространства, гравитационное погружение которой (в глобальном и региональном масштабах) приводит к складчатости и горообразованию.

Влияние глобального фактора наглядно проявляется в размещении и ориентации крупных депрессионных, складчатых и разрывных структур земной коры в целом, а также в распределении гравитационных и магнитных аномалий. Большинство из них (практически независимо от возраста, начиная от самых древних супракрустальных образований Гренландии, Африки и Австралии) занимают субортогональное и диагональное положение по отношению к оси вращения планеты. А проявленное «выполаживание» ориентировок структур Срединно-Океанического хребта в близполярных частях соответствует закономерностям распределения напряжений во вращающемся теле. Подобную («северную») ориентацию имеют и русла большинства современных рек, использующих в своем течении ослабленные зоны.

Наблюдаемая картина свидетельствует о том, что на протяжении всей истории Земли формирование и существование ее верхних частей и свойственных им структур контролировались вращением планеты и что континентальные блоки не подвергались существенным изменениям в своей ориентации.

Возникновение и положение структур, связанных с диапировым и плюмным подъемом мантийных масс, во многом определяются ротационным фактором. Обычно они приурочены к глобальным напряжениям и сохраняют их ориентацию.

Специфические особенности, в частности пониженная плотность, депрессионных структур и ослабленных зон дают возможность выявлять их с помощью глубинных геофизических методов — сейсмических, гравиметрических и магнитометрических.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПОДСЧЕТА И ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ/РЕСУРСОВ УГЛЕЙ

М.И.Логвинов, А.Е.Виницкий, Б.И.Журбицкий, В.Н.Фролов (ВНИГРИуголь Роснедра Минприроды России), [mail:bj0077@yandex.ru](mailto:bj0077@yandex.ru)

INNOVATIVE TECHNIQUES OF MODELING, RESOURCE ESTIMATION AND RESERVE CALCULATION OF COAL FIELDS

M.I.Logvinov, A.E.Vinitsky, B.I.Zhurbitsky, V.N.Frolov

Большинство экспертов в качестве «инновационных» рассматривают технологии, включающие компьютерные банки цифровой геологоразведочной информации и системы пространственного многомерного сеточного моделирования с использованием ГИС-технологий, например ArcView (ESRI). Для моделирования и подсчета запасов разработаны и практически применяются более десяти зарубежных и отечественных программных комплексов (Micromine, MineScape, Gemcom, GST, Geobloc и др.). Однако в практике углеразведочных работ использование этих компьютерных систем по разным причинам затруднено или неэффективно.

Разработанный во ВНИГРИуголь программный комплекс «ГЕОРЕСУРСуголь» («Моделирование угольной залежи, подсчет и классификация запасов/ресурсов углей») предназначен для сеточного моделирования угольного пласта, подсчета запасов/ресурсов углей, их квалификации по группам «экономической значимости» (балансовой принадлежности) и категориям «геологической изученности» в соответствии с российской классификацией твердых полезных ископаемых РФ-2006. Инновационным является способ объективной оценки рангов «экономичности» и «изученности» на основе единого критерия доверительной вероятности

(в отличие от обычно принятых экспертных критериев плотности сети геологоразведочных работ, сложности геологического строения и погрешности моделирования). Комплекс может быть модифицирован к требованиям МРК ООН (2009) и шаблона CRIRSCO (2009).

По результатам специальных исследований установлены типовые интервалы доверительной вероятности и соответствующие ранги «геологической изученности»: 0,90–0,99 — категория изученности запасов А; 0,75–0,90 — В; 0,65–0,75 — С₁; 0,61–0,65 — С₂; 0,55–0,61 — Р₁; 0,51–0,55 — Р₂; до 0,51 — категория изученности ресурсов Р₃.

Экспресс-оценка «экономического значения» (балансовой принадлежности) запасов/ресурсов углей производится с учетом количественных критериев соответствия запасов/ресурсов к требованиям их «кондиционности» по трем параметрам — двум постоянным (мощность, зольность) и одному переменному (выборочно глубина, угол падения, альтитуда и др.). По результатам специальных исследований определены типовые интервалы сводной доверительной вероятности «экономичности»: 0,9–0,99 — «экономические кондиционные 1» (балансовые 1); 0,8–0,9 — «экономические кондиционные 2» (балансовые 2); 0,7–0,8 — «гранично экономические» (гранично балансовые); 0,5–0,7 — «потенциально экономические – потенциально кондиционные 1» (забалансовые 1); до 0,5 — «потенциально экономические – потенциально кондиционные 2» (забалансовые 2).

Связность элементарных ячеек с одинаковыми или близкими значениями доверительной вероятности оценочных параметров «изученности» и «эффективности» позволяет локализовать участки с одинаковой геологической изученностью и геолого-промышленной ценностью в автоматизированном режиме, что также является инновационным решением.

Апробация ПС ГЕОРЕСУРСуголь выполнена путем сравнения результатов экспертных и компьютерных расчетов запасов/ресурсов углей по 18 участкам для различных геологических типов месторождений основных угольных бассейнов РФ. Расхождения не превышают 5–10% с большей детальностью оценок по разработанным ПС.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ РУД И ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕКУЩИЙ, ВОСТОЧНАЯ ЧУКОТКА

Д.А.Лоренц (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), dalorenz@yandex.ru

PETROLOGY, MINERALOGY, AND GEOCHEMISTRY OF Au-QUARTZ MINERALIZATION AND HOSTING METASOMATITES, SEKUSHCHY PROPERTY, EAST CHUKCHI PENINSULA

D.A.Lorentz

Кувет-Рывеемская металлогеническая зона, специализированная на золото-кварцевое оруденение, расположена на северо-востоке Чукотского автономного округа. Она включает четыре рудно-россыпных узла — Пильхинкуль-Рывеемский, Кувет-Куэжвуньский, Ленотапский, Кусьвеемский, из которых наиболее изучен и перспективен первый. В его пределах в конце 80-х годов прошлого века выявлены золото-кварцевые месторождения Совиное и Дор, характеризующиеся сочетанием субсогласных жильно-прожилковых зон с секущими кварцевыми жилами. Территория остальных рудных узлов изучена слабо, несмотря на перспективы выявления здесь новых золото-кварцевых объектов.

В 2008–2011 гг. автором изучался вещественный состав золото-кварцевых руд и околорудных метасоматитов проявления Секущий (Кувет-Куэжвуньский рудный узел, Алярмагтынское рудное поле). Установлено, что *главные рудные минералы* рудных зон — пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, *второстепенные* — тетраэдрит, буланжерит, бурнонит и самородное золото четырех генераций. Преобладает золото первой генерации (как мелкое, так и крупное), которое образует кристаллы и дендриты, срastaющиеся с кварцем и сульфидами (галенитом, тетраэдритом, пиритом). К *редким минералам* отнесены матильдит, гёссит, петцит и алтаит. Указанный набор рудных минералов сближает данное проявление с такими объектами сульфантимонитового минерального типа, как Совиное, Свободное (Чукотский АО) и Утинское (Магаданская область).

В золото-кварцевых зонах проявления Секущий автором выделено восемь эндогенных минеральных комплексов, из которых главным продуктивным является *золото-галенит-арсенопирит-карбонат-кварцевый*. К наиболее перспективным жильным и жильно-прожилковым зонам проявления Секущий отнесены рудные зоны, сложенные галенитом, тетраэдритом, бурнонитом, буланжеритом и другими минералами главного продуктивного комплекса, отличающиеся высокими содержаниями Au и его элементов-спут-

ников (As, Pb, Ag, Sb, Bi, Te). Кварцевые жилы, сложенные минералами допродуктивного пирит-арсено-пирит-мусковит-кварцевого комплекса, отличаются низкими (<1 г/т) содержаниями Au при высоких (до первых процентов) содержаниях As.

В процессе исследований установлено, что единственный промышленный объект Алярмагтынского рудного поля — проявление Секущий, в то время как расположенные на флангах рудного поля пункты минерализации золота, представленные маломощными халькопирит-кварцевыми жилами, отличаются низкими (до 1–5 г/т) содержаниями Au. На основании полученных данных рекомендовано сосредоточить дальнейшие поиски на золото-кварцевое оруденение на восточном фланге Кувет-Куэкувуньского рудного узла. Перспективны для поисков также участки в пределах Ленотапского и Кусьвеевского рудных узлов, сложенные углеродисто-терригенными толщами (иногда содержащими межпластовые тела габбро-долеритов), прорванными дайками гранит-порфиров позднемелового ичувеевского комплекса, к которым приурочены сближенные кварцевые жилы с вкрапленностью галенита, арсенопирита, тетраэдрита и самородного золота.

ПРОГНОЗ И ПОИСКИ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КАРТИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ, РУДНЫЙ АЛТАЙ

В.Л.Лось, И.С.Гольдберг, Г.Я.Абрамсон (Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан), v_los@mail.ru

MAPPING OF THE CHEMICAL ELEMENTS CONCENTRATION FIELDS AS A BASIS FOR PROGNOSIS AND EXPLORATION OF MINERALIZED OBJECTS (AS EXEMPLIFIED BY CASE HISTORIES FROM RUDNY ALTAI)

V.L.Los, I.S.Goldberg, G.Ya.Abramson

Из базисной модели металлогении (формирование месторождений в результате перераспределения элементов «на месте») следует, что наиболее естественным и прямым путем прогноза и поисков рудных объектов разного масштабного уровня является картирование полей концентрации рудных, сопутствующих и антагонистичных к ним элементов. Отметим, что концентрации элементов в геологической среде — фундаментальные, наиболее простые характеристики, которые к тому же измеряются в шкале отношений и отвечают требованию воспроизводимости.

Прогнозно-поисковые работы в Лениногорском и Зыряновском районах Рудного Алтая выполнялись по заказу ТОО «Казцинк». В качестве основной была принята технология IONEX, ориентированная на поиски скрытых рудных объектов. Она включает картирование концентраций элементов в коренных породах и концентраций слабозакрепленных форм элементов в почвах (МПФ), многовариантную математическую обработку данных (структурный статистический анализ, построение аппроксимационных моделей распределения элементов, корреляционный анализ, кластеризацию данных и районирование), выделение геохимических систем рудных объектов и перспективных участков с оценкой по ним прогнозных ресурсов.

Поисковые работы планировалось провести в четыре стадии: I — м-б 1:500 000 (одна проба на 25 км²); II — м-б 1:100 000 (одна проба на 1 км²); III — м-б 1:25 000 (16 проб на 1 км²); IV — м-б 1:10 000 (сеть отбора 50×100 м) в комплексе с геофизическими работами и бурением. На каждой стадии в каждой точке опробования отбирались две пробы — из коренных пород (если они были) и почв (на анализ подвижных форм элементов в гумусе). Анализ проводился на 17 элементов — Zn, Pb, Cu, W, Sn, Mo, As, Sb, Ba, Ni, Co, Ti, Mn, Bi, Se, Au, Ag.

На I стадии работ выделены региональные геохимические (металлогенические) структуры, представленные двумя линейными полосами северо-западного простирания и тремя субширотными. Расстояние между северо-западными и широтными полосами 60 км. На их пересечениях расположены геохимические узлы (Прииртышский, Лениногорский, Орманский, Зыряновский, Хайрузовский, Медведковский). Широтные структуры образуют «стержни» крупных геохимических систем, включающих подсистемы, ядрами которых и являются геохимические узлы. Именно к узлам приурочены практически все известные месторождения. Вокруг узлов фиксируются области выноса рудных элементов. Наибольший теоретический и практический интерес представляет новая широтная Нарымская металлогеническая зона, с запада и востока ограниченная Хайрузовским и Медведковским геохимическими узлами. По комплексу геохимических характеристик она имеет высокую степень сходства с Лениногорским и Зыряновским рудными узлами, которое определялось с помощью технологии многомодельного метода прогнозирования. Ее общие прогнозные ресурсы можно оценить как 0,3–0,5 от запасов Зыряновского рудного узла.

В результате поисковых работ II и III стадий выделены несколько новых перспективных участков в Лениногорском и Зырянском районах. В настоящее время в краевой части Хайрузовского геохимического узла выявлен Ново-Хайрузовский золоторудный объект, который можно отнести к типу большеобъемных и который может служить индикатором медно-полиметаллического оруденения на Рудном Алтае.

Проведенные работы по технологии IONEX позволили не только выделить перспективные структуры и участки, но и определить площади, на которых выявление месторождений рудноалтайского типа крайне маловероятно. Кроме того, удалось существенно дополнить металлогенические представления об условиях и закономерностях распределения оруденения на Рудном Алтае.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ

В.Л.Лось, И.А.Гоберник, Т.Д.Мурзадилов (Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан), v_los@mail.ru

IMITATION MODELING OF THE ORE DEPOSITION-RELATED PROCESSES

V.L.Los, I.A.Gobernik, T.D.Murzadilov

Теоретической основой рудообразования может служить простая и содержательно ясная модель перераспределения элементов в геологической среде. Несмотря на значительное разнообразие причин и стимулов такого перераспределения, оно осуществляется по одной схеме: мобилизация – миграция – отложение. По своей сути это физико-химические процессы, расшифровка механизмов которых, исследование их математических и компьютерных моделей может вывести металлогению на качественно более высокий уровень.

В большинстве генетических моделей области мобилизации пространственно отрываются от зон рудоотложения и обычно помещаются на большие глубины. Однако в настоящее время можно считать установленной пространственную сопряженность областей мобилизации и накопления рудных элементов.

Сформированы предпосылки имитационного моделирования перераспределения элементов в геологической среде: динамика массопереноса вещества определяется множеством факторов, следствия этих «случайных» факторов подчинены физическим законам массопереноса и гидродинамики, в каждой точке пространства вещество может находиться в подвижном и неподвижном состояниях (в растворе и в виде твердой фазы).

Построены математическая и компьютерная модели перераспределения вещества, описывающие скорость изменения концентрации фаз во времени и пространстве в виде системы дифференциальных уравнений (программа Cells2). Расчет производился в условных единицах пространства и времени.

Результаты моделирования позволили сделать следующие выводы:

любой случайный процесс массопереноса элементов в геологической среде приводит к структурированию полей концентрации неподвижной фазы;

возникшие структуры сохраняют устойчивость во времени;

максимальные значения положительных структур со временем растут.

Построение математической и компьютерной моделей (программа Siner) собственно гидротермального рудообразования основывались на следующих базисных положениях:

перенос и отложение элементов производится водными растворами;

рудообразующие системы автономны относительно вмещающей среды, и собственно рудоотложение происходит по механизму обратной реакции первого порядка;

твердая фаза выпадает в результате агрегации растворенного вещества по механизму полимеризации и (или) кластеризации;

константа равновесия реакции рудообразования может меняться скачком, а влияние температуры описывается уравнением Аррениуса.

Математическая модель рудоотложения описывается двумя дифференциальными уравнениями в частных производных по времени. Результаты моделирования показали: наблюдаемая высокая изменчивость концентраций элементов в гидротермальных месторождениях органично присуща самому процессу рудоотложения; динамика накопления рудного вещества зеркально подобна его распределению в пространстве; небольшие случайные колебания входных параметров рудоотложения могут дестабилизировать весь процесс и привести к появлению очень высоких и низких концентраций рудных элементов в точках.

Расшифровка механизмов рудообразования, построение математических моделей этих процессов и их исследование создают условия для понимания фундаментальных основ металлогении.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВОЙ МОДЕЛИ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Р.Х.Мансуров (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), dnms@tsnigri.ru

PETROPAVLOVSKOE LODGE GOLD DEPOSIT, POLAR URALS: KEY ELEMENTS OF EXPLORATION MODEL

R.Kh.Mansurov

Петропавловское золоторудное месторождение расположено в пределах Новогодненского рудного поля в северной части Ауэрбаховско-Новогодненского вулканоплутонического пояса (ВПП). Основные элементы геолого-поисковой модели месторождения приведены ниже.

В пределах месторождения развиты вулканогенно-терригенные образования тоупугольской толщи (S_2-D_{1tp}) — базальты, андезибазальты и их туфы, переслаивающиеся с туфоалевролитами, туфогравелитами, вулканомиктовыми и известковистыми песчаниками. Вмещает руды средняя часть разреза толщи, представленная грубым переслаиванием вулканогенно-осадочных пород алевропелитовой, песчанистой и гравийной размерности с субсогласными телами базальтовых (андезибазальтовых) порфириров.

«Продуктивные» магматические образования — гранитоиды (габбро-диорит-тоналитовая формация) собского комплекса (D_{1-2s}), в формировании которых выделяются две фазы: главная (среднезернистые роговообманковые диориты) и поздняя (мелкозернистые порфирировидные диориты и диоритовые порфириды).

Месторождение локализовано в области контакта массива гранитоидов собского комплекса и вулканогенно-терригенной толщи, осложненной апофизами порфирировидных диоритов и дайками диоритовых порфиридов, ориентировка которых и сопряженных с ними рудных тел определяется фрагментом тектонической зоны субмеридионального простиранья.

В пределах минерализованной зоны гидротермальные преобразования пород разновозрастны. К наиболее ранним относятся слабозолотоносные ($Au < 0,1$ г/т) метасоматиты карбонат-(пирит)-хлоритового состава (пропилиты), распространенные по всему объему зоны. К более поздним — метасоматиты пирит-хлорит-альбитового состава, формирующие разобщенные тела неправильной формы, локализованные главным образом во вмещающих породах и тяготеющие к контактам даек порфирировидных диоритов и диоритовых порфиридов. Мощности тел метасоматитов варьируют от 40–50 до 150–200 м, протяженность достигает 650–700 м. Пирит в количестве от первых до 15–20% образует рассеянную вкрапленность, прощечки, гнезда и маломощные прожилки. В пирите содержится Au от 5 до 50 г/т (в среднем около 30 г/т), определяющее основную промышленную ценность объекта. К наиболее поздним золотоносным образованиям относятся жилы и жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевого состава, сопровождающиеся кварц-кальцит-серицитовыми (с пиритом) метасоматитами. Они установлены как среди пропилитизированных терригенно-вулканогенных пород, так и в телах метасоматитов пирит-хлорит-альбитового состава. Мощность отдельных жил и жильно-прожилковых зон варьирует от первых до десятков сантиметров, редко до первых метров, их протяженность — от первых десятков метров до сотен метров. Основной рудный минерал — пирит, его количество в золото-сульфидно-кварцевых жилах, как правило, не превышает 1–2%. Содержания Au составляют 1–2 (до 3–4) г/т.

На месторождении выделяются два типа золотоносных руд: золото-сульфидный, связанный с формированием метасоматитов пирит-хлорит-альбитового состава, и золото-сульфидно-кварцевый, отвечающий поздним жилам и зонам прожилковой минерализации. Основные элементы-спутники Au — Ag, Te, Bi. Для золото-сульфидно-кварцевых руд установлено сонахождение самородного золота с пиритом, галенитом, халькопиритом, теллуридами. Золото относительно низкопробное — 830–860‰.

Минерализованная зона месторождения отчетливо проявляется во вторичных литохимических ореолах рассеяния. Ее контур практически совпадает с контуром крупной аномалии Au (до 300) и его элементов-спутников — Cu (50–100), Mo (1500–4000), Ag (60–1000), Hg (40–97), а также В, Pb, W, Ba и других элементов (концентрации приведены в мг/т).

В геофизических полях зона надежно выделяется по сочетанию ряда признаков: совмещению аномалии ВП и магнитного поля, наличию области пересечения широких полосовидных зон восток–северо-вос-

точного и запад–северо-западного направлений с повышенными относительно фона значениями ВП, полей относительно пониженных удельных электрических сопротивлений, зон линейных градиентов физических полей.

«БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ СКВОЗНОГО КОНТРОЛЯ» ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВСЕХ СТАДИЙ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С.В.Мачина (ООО «Геотехнологии ТПУ, ООО «Лепта»), sim10@mail.ru

DATABASES OF THE END-TO-END DOCUMENTATION CONTROL SYSTEM AS AN EFFECTIVE TOOL FOR INFORMATION SUPPORT OF ALL STAGES OF EXPLORATION AND MINING

S.V.Machina

Воспроизводство минерально-сырьевой базы на современном технологическом уровне — центральная задача геологической отрасли. Ее решение определяется результативностью и качеством геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения. Геологическая отрасль неразрывно связана с деятельностью отраслей, осуществляющих добычу, первичную переработку, транспортировку и реализацию минерального сырья. Существующая в настоящее время система сбора, обработки, анализа и хранения геологической информации не соответствует потребностям геологоразведочного производства, выработки и принятия управленческих решений.

Различия в подходах к сбору, документированию геологической информации и выбору программных продуктов на различных стадиях ведения работ привели к значительному разрыву между стадиями, что неоправданно растягивает процесс во времени и заставляет начинать каждую стадию фактически «с нуля». Отсутствие первичных геологических материалов в электронном виде, соответствующем очередному этапу, приводит к тому, что многие организации для привлечения рискованного капитала (бирж, финансовых институтов и других механизмов) для финансирования геологоразведочных работ вынуждены выполнять «двойную» (а то и «тройную»!) работу по вводу информации.

Для обеспечения полноты, достоверности и оперативности предоставления первичной геологической информации в соответствии с современными требованиями необходимо решение, удовлетворяющее требованиям всех стадий работ и программных продуктов, а также западной и российской системам классификации запасов.

Удачным примером такого решения являются «Базы данных системы сквозного контроля» (БД ССК). Они предназначены для ввода, корректировки, хранения, экспорта и вывода на печать первичной документации, позволяют повысить привлекательность труда, не требуют дополнительного обучения, являются гарантией качества ведения работ, в том числе по международным методикам, могут применяться на любых геологических и горнодобывающих предприятиях. БД ССК обеспечивают полный охват информации по всем аспектам ведения работ, оперативный геологический контроль, качество документации, возможность использования данных в других программах без дополнительных затрат на проверку и корректировку, идентичность электронных и бумажных форм представления информации, адаптацию выводных форм без корректировки программного кода.

Основы решения были заложены в 2003–2007 гг. как инструмент для эффективного управления несколькими геологоразведочными и добычными проектами шведской биржевой компании *Central Asia Gold AB*. Работа продолжилась на базе ООО «Лепта» и ООО «Геотехнологии ТПУ». На март 2011 г. разработаны БД ССК_ГДб для скважин (Свидетельство № 2011620086) и БД ССК_ГДв для горных выработок (находится на государственной регистрации), ведется работа над БД ССК_ГДм для документирования геологических маршрутов, сделаны первые шаги в разработке БД ССК_ТД для технологической документации процессов переработки руд.

В настоящее время БД ССК_ГДб и БД ССК_ГДв широко используются на всех стадиях ведения геологических работ в Копыловское АБ (Бодайбинский район, Иркутская область). Отдельные положения организации единого информационного пространства прошли апробацию на V Международной конференции «Инновационные разработки и совершенствование технологий в горно-металлургическом производстве» (Ананин, 2009). Эффективность применения БД ССК_ГДб получила высокую оценку от пред-

ставителей ЗАО «Сибгеоконсалтинг» на IV Международном горно-геологическом деловом форуме «Мингео Сибирь» (Корчагин, 2010).

Очевидно, что применение БД ССК не исправит проблемы, связанные с некачественным ведением работ, но оно позволит выявлять их на ранних стадиях и более эффективно использовать людские и материальные ресурсы.

СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА РОССИИ

Г.А.Машковцев, А.Д.Коноплев, А.К.Мигута, В.Н.Щеточкин (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

MINERAL URAN BASE OF RUSSIA: CURRENT SITUATION AND MAJOR DEVELOPMENT TRENDS **G.A.Mashkovtsev, A.D.Konoplev, A.K.Miguta, V.N.Shchetochkin**

Мировая атомная энергетика, располагая парком в 440 реакторов с установленной мощностью 376 ГВт, вырабатывает около 17% от всей производимой электроэнергии. К 2020–2025 гг. предусматривается существенное увеличение мощностей, главным образом в Китае — в 17 раз, Индии — в 15 раз, в России — в 3 раза.

Мировая добыча урана составляет порядка 45 тыс. т и обеспечивает лишь 2/3 потребностей, остальная часть покрывается складскими запасами. Это обстоятельство вместе с низкой эффективностью поисковых работ на уран обостряет конъюнктуру сырья и способствует повышению его стоимости на рынке.

Атомная энергетика России располагает 10 АЭС с общей установленной мощностью 23,2 ГВт. Потребности России в уране составляют около 25 тыс. т, в том числе для отечественных АЭС ~4 тыс. т, для экспорта — ~21 тыс. т. К 2020–2025 гг. потребности вырастут до 30 тыс. т. Производство U составляет 4,6 тыс. т, в том числе около 3,5 тыс. т на российских предприятиях, остальное — на совместных предприятиях в Казахстане. Дефицит покрывается складскими запасами, в том числе отходами глубокого обогащения. В перспективе к 2025 г. планируется обеспечить баланс производства и потребления урана путем резкого роста его добычи в России, а также в зарубежных странах — Казахстане, Монголии, Танзании, США.

Минерально-сырьевая база урана России составляет ~660 тыс. т запасов и ~650 тыс. т прогнозных ресурсов P_1 и P_2 . Основная часть запасов сосредоточена в осваиваемых и подготавливаемых к освоению районах — Стрельцовском (Читинская область), Витимском (Республика Бурятия), Эльконском (Республика Саха – Якутия) и др., прогнозные ресурсы — главным образом в Сибири и на северо-западе страны.

Перспективы расширения МСБ урана России связываются с возможностью выявления урановородных объектов как в пределах осваиваемых районов, так и на определившихся крупных ураноносных территориях. Месторождения экзогенно-эпигенетического класса могут быть выявлены в северной части Витимского района, на восточном крыле Бийско-Барнаульской впадины, в Баргузинской впадине, на других территориях Сибири и Центральной России. Однако их суммарные запасы, по-видимому, не превысят 10–20 тыс. т U, поэтому их роль в расширении МСБ урана России будет относительно невелика.

Основное значение в решении этой проблемы придается эндогенному направлению, по которому имеются значительные перспективы выявления урановородных районов и крупных месторождений, пригодных для организации новых добычных производств. Требуют планомерного опоскования крупные гранитизированные структуры южного обрамления Восточно-Сибирской плиты, включая Енисейский кряж, Восточный Саян, Северное Прибайкалье, Мурунский массив, Учуро-Майский прогиб, а также Онежский и Ладожский прогибы в южной части Балтийского щита, специализированные комплексы Воронежского кристаллического массива и другие районы. В Забайкалье, где действует Приаргунский комбинат и проектируются еще два горнодобывающих предприятия, опоскование рудоперспективных структур осуществляется в течение нескольких десятилетий. Поэтому здесь можно ожидать лишь открытия отдельных месторождений, не проявленных на современной поверхности.

Для обеспечения высокой результативности поисков эндогенных урановых объектов необходимо соблюдать полную стадийность последовательного проведения геологической съемки, прогнозирования и опоскования перспективных площадей, существенно усовершенствовать методические основы выявления скрытых объектов, восстановить массовые поиски урана, разработать и реализовать програм-

мы развития тематических и геологоразведочных работ на краткосрочную и длительную перспективы применительно к потенциально рудным регионам.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕРФЕД
В.В.Межубовский, М.А.Самородская (ООО ЦГИ «Прогноз»), М.П.Кривошук, И.П.Мацкевич (ЗАО «Васильевский рудник»), cgi_prognoz@list.ru, irunya_kr@mail.ru

GEOCHEMICAL SIGNATURES OF GERFED GOLD DEPOSIT
V.V.Mezhubovsky, M.A.Samorodskaya, M.P.Krivopusk, I.M.Matskevich

Месторождение Герфед расположено в истоках р. Большая Мурожная (Герфед-Николаевская рудноносная зона, Партизанский рудный узел, Южно-Енисейский рудный район Енисейского края). Локализовано в зоне тектонического контакта вулканогенно-терригенной (пенчугинская свита) и черносланцевой (кординская свита) толщ, являющегося геохимическим, литологическим и структурным барьером, определившим характер и размещение золотого оруденения. В зоне контакта локализована система кварцево-жильных образований, с которой и связано месторождение Герфед (жила Магистральная и система оперяющих жил). Месторождение гидротермально-метасоматическое, относится к золото-кварцевой малосульфидной формации, пирит-арсенопиритовому минеральному типу.

В ходе разведочных работ (2007–2010 гг.) был собран и изучен материал (~5500 проб) по первичным ореолам из руд и вмещающих пород. Для углеродистых сланцев надрудной зоны характерна Ag(7)-Cd(120)-Zn(6)-Mo(4)-Cu(5)-B(1,5)-Pb(2)-V(2,5) специализация. подрудных филлитов — As(4,5)-Mn(3)-Ti(1,5)-Co(1,5)-W(2). В скобках даны коэффициенты концентрации к кларку в сланцах. В корях выветривания по вмещающим породам отмечаются обогащение As, B, Ba, Sb и вынос Cr, Ti, Y, Zn. В рудных метасоматитах (ранняя стадия метасоматоза) привносятся (по сравнению с исходными породами) As (в 2–3 раза), Bi, Fe, Ti, W (в 1,5 раза) и выносятся B. В гидротермалитах жилы Магистральная (высшая стадия метасоматоза) нарастают содержания As (в 10–20 раз), Ag, W, Mo (в 3–5 раз), Cr, Cu, Pb (в 2–3 раза), Fe (в 1,5 раза) и уменьшаются — Ti, V, Y, Zr. В третью стадию рудогенеза (раскрытие полостей и образование оперяющих жил) продолжается накопление As, Cr, Cu, Fe при резком возрастании концентраций Bi и W.

С севера на юг, по простиранию рудного поля, в рудах отмечается нарастание концентраций As, Bi, Ag, Pb и снижение — Ba, Be, Sb. Характерно нарастание от центральных к фланговым частям месторождения содержания W.

Выделяются три золоторудные ассоциации: Au-Ag, к которой тяготеют As-Bi-Pb-W; Au-Mo с B; Au-Sb-Be-Ba. Коэффициенты корреляции элементов с Au 0,3–0,4.

Геохимическая зональность рудных метасоматитов по отношению к жиле Магистральная следующая: в 2 м от контакта с жилой нарастают концентрации As, Ba, Be, Cd, Ti, V, W, Zn, Sb;

в метасоматитах висячего бока накапливаются Ag, B, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn, образуя максимальные концентрации в центральных и внешних зонах метасоматитов, из зоны непосредственного контакта (до 0,5 м) эти элементы выносятся;

в метасоматитах лежачего бока накапливаются Co, Mn, P, а из зоны непосредственного контакта они выносятся.

ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРОТОТИПА: ПРИКАСПИЙСКИЙ
ОСАДОЧНЫЙ БАССЕЙН БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ГАЛОГЕННОЙ ФОРМАЦИИ
Б.Е.Милецкий (Компания «Geoservices Limited», Израиль), borismil@smaile.net

PROGNOSIS BASED UPON A MAN-MADE PROTOTYPE: THE FORECASPIAN SEDIMENTARY
BASIN BEARING PRECIOUS METAL MINERALIZATION OF HALOGENE STYLE
B.E.Miletsky

За последние годы стали широко известны результаты изучения концентраций благородных металлов (Au, Pt, Pd) в продуктивной толще Верхнекамского месторождения калийных солей, полученные российскими учеными из Пермского научного центра РАН под руководством Д.Ф.Сметанникова. Ими разработа-

на технология утилизации благородных металлов (БМ) из нерастворимых остатков шлама, получаемого при переработке солей, что в итоге позволило оценить это крупнейшее в мире месторождение калийных солей и как сверхкрупное месторождение БМ [1]. Ознакомление с результатами этого исследования позволило выявить в нерастворимых остатках шлама солей, содержащих промышленные концентрации БМ, техногенный прототип так называемых гипсовых шляп (кепрока) — природные шламохранилища, образующиеся при размыве солей. На основе этого техногенного прототипа нами предлагается идея о гипсовых шляпах как, возможно, новом генетическом типе месторождений БМ галогенной формации [2, 3].

К настоящему времени проведены первые попытки исследования солей пермской соляной толщи Прикаспийской впадины на БМ. Пока автор может оперировать только результатами рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) ограниченного количества проб борнокалийных солей одного из куполов. Хотя метод РФА применительно к БМ по ряду причин не считается представительным, полученные анализы однозначно указывают на присутствие в пробах Au и платиноидов с содержанием >10 г/т и тем самым могут служить первым подтверждением реальности прогноза. Концентрации Au были установлены в 25% проб, а элемента платиновой группы Os — в 75%. В пробах с Au и Os четко фиксируется повышенное содержание нерастворимого остатка. По процентной доле нерастворимого остатка в пробе можно предположить, что еще в 25% проб Au не обнаружено, так как его концентрация могла быть меньше нижнего порога определения для метода РФА (<10 г/т). Обращает на себя внимание то, что в пробе из нерастворимого остатка солей содержание Au значительно выше, чем в сырых солях.

Приведенные данные свидетельствуют о следующем:

соли калиеносных куполов Прикаспийской впадины содержат БМ, их концентрация может превышать 10 г/т;

содержание в пробах Au и Os наиболее четко коррелируется с количеством нерастворимого остатка;

носителем БМ в основном являются нерастворимые компоненты солей, а существенно повышенное содержание Au в нерастворимом остатке солей может говорить о повышенных его концентрациях и в гипсовых шляпах;

предполагаемый геологический прогноз на основе техногенного прототипа оказался эффективным в данном случае и, вероятно, мог бы быть полезен и в других рудно-формационных условиях.

В Прикаспийской впадине известно >1200 соляных куполов, 120 из них калиеносны. Оптимистический вариант предлагаемого прогноза рассматривает каждый из этих 120 куполов как возможное месторождение БМ с двумя уровнями оруденения: нижним, под соляным зеркалом, где Au+Pt присутствуют как попутные компоненты в первичных калийных солях соляного массива, и верхним — в гипсовой шляпе купола с собственно золото-платиноидным.

Таким образом, данный прогноз предполагает возможность открытия новой рудной провинции — Прикаспийского осадочного бассейна благородных металлов галогенной формации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Благородные металлы Верхнекамского месторождения солей* / Д.Ф.Сметанников и др. // Горный журнал. 2006. № 6.
2. *Милецкий Б.Е.* Гипсовые шляпы как, возможно, новый генетический тип месторождений благородных металлов // Геология и охрана недр. 2009. № 1.
3. *Милецкий Б.Е.* Галогенная формация как альтернативный сырьевой источник благородных металлов // Литасфера. 2009. № 1 (30).

ПУТИ УКРЕПЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГРАНИТОФИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н.П.Митрофанов (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

ON THE WAYS TO REPLENISH THE MINERAL BASE OF GRANITE-RELATED DEPOSITS

N.P.Mitrofanov

В Российской Федерации создана мощная минерально-сырьевая база (МСБ) по большинству цветных и легирующих металлов. По запасам месторождений олова Россия занимает первое место в мире, вольфрама — второе, молибдена — четвертое. Вступление в рынок привело к тому, что существующая база

для удовлетворения нужд промышленности практически не используется. В стране создалась ненормальная ситуация: добываемое сырье экспортируется, а действующие заводы закупают металлы за рубежом. Цены на них значительно выросли, импорт требует больших затрат.

Для исправления сложившегося положения Роснедра направляет средства на проведение геологоразведочных работ (ГРР) и восстановление утраченного поискового задела. Однако усилия ГРР направлены в основном на реанимирование известных месторождений и рудопроявлений, доведение их до благоприятного для лицензирования состояния. Поисковый задел ранее формировался геолого-съёмочными работами м-ба 1:200 000 и главным образом поисково-съёмочными работами м-ба 1:50 000, которые сейчас не проводятся. В освоенных рудных районах в настоящее время осуществляется Геологическое доизучение площадей в м-бе 1:200 000 (ГДП-200). Оно приносит новые данные о благоприятных предпосылках локализации месторождений, но при отсутствии следующего за ним ГДП-50 восстановления или формирования нового задела не происходит. Постановка поисковых, опережающих геохимических и геофизических и других работ, осуществляемых традиционными методами, чаще всего не приводит к ожидаемому результату.

Специфика существующей МСБ состоит в том, что в освоенных рудных районах выходящие на поверхность месторождения уже выявлены. Работы должны направляться на обнаружение слабо эродированных и скрытых рудных объектов. К новым подходам и методам в решении задач воспроизводства МСБ, воссоздающим объемную картину локализации оруденения, могут относиться:

локальное металлогеническое районирование, охватывающее металлогенические области, зоны или их наиболее перспективные части и направленное на выявление разноранговых рудно-магматических систем рудных районов, узлов и полей, а также количественного расчета в них прогнозных ресурсов. Исходя из принципа геоморфологической конформности определяются объемные параметры систем. По известным геологическим, геохимическим и геофизическим данным уточняются их вещественное наполнение, плотность слагающих пород и содержание в них полезного компонента, что позволяет рассчитать металлогенический потенциал рудных районов, прогнозные ресурсы категории P_3 рудных узлов и ресурсы категории P_2 рудных полей;

методы геохимической томографии дают возможность выделять объемные геохимические аномалии, определять положение скрытых центров рудолокализации, устанавливать их эрозионный срез, формационную принадлежность и, главное, по разработанной новой технологии обработки геохимических проб, отобранных по первичным ореолам, получать количественные оценки прогнозных ресурсов непосредственно в аномальных объектах. Поиски, проводимые по этой методике в м-бе 1:200 000, позволяют рассчитывать прогнозные ресурсы категории P_3 для рудных узлов и категории P_2 для рудных полей. Такие работы целесообразно объединять с ГДП-200, что сделает доизучение более результативным. Аналогичные поиски могут осуществляться самостоятельно в рамках опережающих работ. При крупномасштабных поисках с использованием методов томографии в разы повышается достоверность и уменьшается стоимость работ. Продолжение аномалии за контур вскрытого рудного тела дает возможность оценить прогнозные ресурсы категории P_1 ;

геофизические методы, выделяющие в земной коре объемные структуры, позволяют уточнять положение и параметры рудно-магматических систем. К таким методам можно отнести исследования с применением трехмерного гравиметрического моделирования и др.

НАУЧНЫЙ ПРОГНОЗ — ОСНОВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

Н.П.Митрофанов (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

SCIENTIFIC PROGNOSIS AS A BASE OF RESTORATION AND DEVELOPMENT OF THE MINERAL BASE

N.P.Mitrofanov

Сравнение количества месторождений, приходящихся на единицу площади в Западной Европе и России, показало, что на нашей территории их на порядок меньше, т.е. в недрах сохраняется огромный металлогенический потенциал. Для обнаружения скрытых месторождений необходимо использовать новые подходы и методы, основанные на научном прогнозе. В первую очередь, начать осуществление

локального металлогенического районирования. В настоящее время оно в основном проводится геологами-практиками, исходящими из своих знания и опыта. Чтобы районирование и основанный на нем прогноз стали теоретически систематизированными, следует придерживаться разработанного ранжированного ряда локальных таксонов, площади в котором различаются на порядок. В рудном районе это тысячи, узле — сотни, поле — десятки, месторождении — единицы квадратных километров. Тогда, опираясь на закон перехода количества в качество, каждому рангу рудного таксона должна соответствовать своя категория прогнозных ресурсов. Главный вопрос в разделении рудных таксонов — определение их границ. Таксоны надо рассматривать как конкретные рудные тела. В их модельном выражении должно быть видно, что ищем и что прогнозируем.

Рудно-магматические системы тел, связанные с гранитоидами, выделяются в рельефе в виде положительных морфоструктур центрального типа. Границы их сводов, куполов устанавливаются по контуру единой радиально-концентрической сети. Иерархия таких морфоструктур соответствует разным рангам рудных таксонов. В поле тяготения Земли, подчиняясь закону симметрии, они представляют собой конуса, обращенные вершиной вниз. Геоморфологами установлено, что глубина заложения морфоструктур центрального типа сопоставима с длиной их радиуса. В каждом ранге морфоструктур острие конусов упирается в геофизические разделы земной коры, где предполагается зарождение серии очагов-инициаторов корового магматизма, развивающихся затем в контурах систем. Зная объемы рудно-магматических систем, их вещественное наполнение, плотность и геохимическое содержание прогнозируемых элементов, в объеме конуса по известной формуле рассчитывается металлогенический потенциал. Для рудных районов предлагается определять потенциальный ресурс, для узлов — прогнозный ресурс категории P_3 , для полей — категории P_2 с корректировкой на коэффициент продуктивности. Последний показывает долю металла, переходящего в рудные концентрации. Коэффициент рассчитывается в хорошо изученных таксонах с разведанными запасами полезного ископаемого, имеющих близкие к оцениваемому объекту формационный (для рудных районов и узлов) и геолого-промышленный (для рудных узлов и полей) типы. Для прогнозируемых и флангов известных месторождений количественная оценка прогнозных ресурсов категории P_1 осуществляется в установленном порядке по геометризованным параметрам рудных тел.

Локальное металлогеническое районирование и проведенная в едином ключе оценка прогнозных ресурсов даст воспроизводимый любым специалистом материал для объективного вычленения наиболее перспективных рудных таксонов. Такие исследования необходимо сопровождать геолого-экономическим анализом для выбора наиболее оптимального и рационального варианта постановки дальнейших геологоразведочных работ.

**АТЛАС САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ КОМПОНЕНТ РЕГИОНАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И ОСВОЕНИЯ**
С.К.Мустафин (Башкирский государственный университет), sabir.mustafin@yandex.ru

**ATLAS OF NATIVE GOLD EXTRACTED FROM NATURAL AND MAN-MADE MATERIALS
AS A KEY COMPONENT OF A REGIONAL INFORMATION SYSTEM SUPPORTING PREDICTION,
EXPLORATION, EVALUATION AND DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS**
S.K.Mustafin

Разнообразное по составу и формам нахождения золота минеральное сырье, представленное широким спектром рудных, россыпных и техногенных месторождений, исследовано на примере региона Южного Урала (объекты Республики Башкортостан). Комплексные минералогические исследования, наряду с традиционными методами, включали: рентгеноспектральный анализ, электронную микроскопию, вторично-ионную масс-спектрометрию, рентгеноструктурный анализ, термический анализ и др. Исследования руд медноколчеданных месторождений, промпродуктов и отходов их переработки свидетельствуют о необходимости изучения минералогии золота на наноуровне.

В рудных и россыпных месторождениях развиты выделения самородного золота идиоморфного, неправильного и смешанного морфологических типов. Высокая пробность отличает металл кор выветривания (926–980‰) и россыпей (930–950‰); золото руд объектов «баймакского тапа» низкопробное (600–750‰).

Соотношение в рудах «свободного» и «упорного» золота различно, что определяет выбор как традиционных (гравитация, цианирование в чанах и др.), так и новых (кучное выщелачивание, подземное выщелачивание и др.) технологий освоения минерального сырья.

Основной элемент-примесь в самородном золоте — Ag, а также подчиненные Cu, Fe, Pb, Hg и редкие As, Sb, Zn, Bi, Te, Se, Pt, Pd, Os и Ir служат индикаторами состава среды минералообразования, что позволяет использовать их при поисках и оценке объектов.

В бурых железняках зоны окисления медноколчеданных месторождений мелкие (0,01–0,1 мм) выделения самородного золота и амальгамы ($\text{Au}_{0,81}\text{Hg}_{0,19}$) обусловили необходимость применения соответствующих природоохранных мероприятий при кучном выщелачивании. Сплошные «рубашки» гидроксидов железа снижают технологические показатели кучного выщелачивания золота, впервые примененного на Урале НПФ «Полиметалл» (1996). Многим россыпям свойственна высокая доля (до 75% и более) весьма мелкого, тонкого и пылевидного металла — «золотой пыли» ($-0,25+0,01$ мм), не извлекаемой гидравлическим способом, что способствовало образованию техногенных россыпей или требовало применения экологически опасной амальгамации. Использование центробежных концентраторов и винтовых шлюзов в настоящее время обеспечивает комплексное освоение золотоносных россыпей.

В комплексных россыпях бассейна р. Урал в генетическом отношении информативны сростки самородного иридия с ферроплатиной (Pt_3Fe), самородного иридия с серпентином $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, туламинита Pt_2FeCu с хромпикотитом $(\text{Mg},\text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$, рутенистого осмия с форстеритом $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$, иридистого осмия с форстеритом, а также фазы рутенистого иридия и самородного осмия. В самородном золоте установлены фазы платиноидов.

Мелкое магнитное самородное золото и концентрации золота в гематите и магнетите (8,3 и 4,9 г/т соответственно) обуславливают перспективы древних конгломератов.

Необходимо дальнейшее изучение особенностей золота в песках отсева месторождений ПГМ, огарках — отходах сернокислотного производства, хвостах ЗИФ, бегунных фабрик и др.

Слабая минералогическая изученность самородного золота в природном и техногенном минеральном сырье снижает эффективность применения технологий его извлечения. Оптимизация минералогических исследований для прогноза, поисков, оценки, управления комплексным рациональным и экологически щадящим освоением разнотипного сырья старых горнорудных регионов золотодобычи, каковым является Южный Урал, требует скорейшего перехода изучения на наноуровень, сочетания ГИС с методами топоминералогии и минералогического картирования рудно-россыпных узлов и техногенных объектов.

СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В.Г.Невструев (Институт тектоники и геофизики ДВО РАН), nevstruevvg@mail.ru

CHEMICAL ELEMENT PROPORTIONS AS AN IMPORTANT TOOL OF METALLOGENIC ANALYSIS OF HYDROTHERMAL SYSTEMS

V.G.Nevstruev

Современные методы металлогенического анализа для обоснованного прогноза поисков новых объектов базируются на установлении аналогов среди детально изученных и эксплуатируемых месторождений, выявлении критериев подобия с последующей экстраполяцией на слабо изученные объекты.

При большом разнообразии характеристик вещественного состава и условий локализации рудных тел описание месторождений со структурных, минералогических и геохимических позиций часто создает образы уникальных объектов. Задачей же типизации является нахождение общих (типических) характеристик. Приоритет минералого-геохимических критериев основан на представлениях о качественном сходстве, с одной стороны, и количественных различиях вещественного состава руд и вмещающих пород месторождений разного типа, с другой.

Наиболее информативный и экспрессный метод типизации объектов — геохимический способ идентификации. При металлогеническом анализе и группировке рудных месторождений часто используются соотношения элементов как наиболее устойчивых геохимических параметров.

Для идентификации золотоносных месторождений используются отношение Au/Ag, соотношение Ag, Au, Se, Tl, Ag, Se и Sb, Au, Cu и Mo. Наиболее информативны отношение Au/Ag с учетом относительной

полиметалличности руд, вычисляемой как произведение содержаний Pb, Zn, Cu, нормированного по содержанию Au, и в качестве дополнительных критериев — соотношения Pb и Zn с Cu, Ag с Cu.

На примере месторождений колчеданного семейства В.И.Смирновым сформулировано положение о сходстве процессов рудоотложения, связанных с особыми геотектоническими режимами, независимо от возраста объектов. Сопоставление современных и древних минерализованных зон и месторождений показало, что наиболее представительная группа гидротермальных океанических полей, формирующихся в зонах спрединга Срединно-Атлантического хребта, по отношению к аналогичным образованиям Тихого океана относительно более золотоносны. Причем повышенная золотоносность отмечается для отдельных участков поля Таг, а также впадин Красного моря — Атлантик и Дискавери. Из древних континентальных рудных тел с этими отложениями отчетливо идентифицируются колчеданные рудные тела месторождений Урала, Оутокумпу (Финляндия) и др. Детальными исследованиями колчеданных месторождений Урала С.П.Масленниковой и В.В.Масленниковым (2007 г.) показана идентичность современного и палеозойского отложения колчеданных руд «черных курильщико-».

В монографии А.И.Кривцова с соавторами (2002 г.) опубликованы усредненные геохимические характеристики месторождений разного типа колчеданного семейства, по которым вычислены геохимические показатели. На диаграмме отчетливо выделяются три группы: Куроко, Беси-Уральская и Кипрская. В рудах от Кипрской группы к Куроко отчетливо видно увеличение содержаний Pb, Zn и Ag относительно Cu и Au. С группой Куроко четко идентифицируется рудноалтайский тип. Сюда же относится и крупная залежь Санрайс, открытая в подводной кальдере Мийоджин Кнолл во фронтальной части Идзу-Бонинской дуги. Аналогичные характеристики имеют современные гидротермальные отложения впадин Окинава и Марианской, формирующиеся в зоне субдукции. Интересна минерализация отрезка Миддл Вэлл, расположенного в подводном хребте Хуан-де-Фука.

Таким образом, на основе геохимических данных удастся отчетливо идентифицировать рудные объекты родственного генезиса, что является основой металлогенического анализа и прогнозной оценки территорий.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД — ОДИН ИЗ ВАЖНЫХ КРИТЕРИЕВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РУДНОГЕОХИМИЧЕСКИХ СТРУКТУР

С.А.Некипелая, В.Л.Некипелый (ФГУГП «Запсибгеолъёмка»), zgs@bk.ru

GEOCHEMICAL SPECIALIZATION OF SEDIMENTARY SEQUENCES AS AN IMPORTANT CRITERION OF PROMISING ORE-GEOCHEMICAL STRUCTURES

S.A.Nekipelaya, V.L.Nekipely

Ареалы гидротермально-метасоматических образований — неизменный атрибут рудных тел, месторождений, рудных полей и узлов. Они сопровождаются индикаторными геохимическими аномалиями, соизмеримыми с масштабами включающих эти образования геологических тел. При этом ярко выражена геохимическая специализация пород, ассоциирующих с рудными объектами. По мере удаления от рудоносных участков земной коры интенсивность и масштабы указанных геохимических поисковых признаков уменьшаются и практически исчезают в породах, мало измененных рудообразующими процессами. Как правило, слабоконтрастные ореолы рассеяния не имеют поискового значения в связи с их низкой в целях прогноза информативностью. Однако процессы рудоотложения являются мощным фактором трансформации первично-сингенетического распределения микроэлементов, оставляющего яркий след в пространстве атомов и молекул. Изучение геохимической специализации слабоизмененных пород указывает на проявленность таких процессов даже на значительном удалении от рудоносных структур.

Благодаря проведенным в последнее десятилетие региональным работам по составлению геохимических основ м-ба 1 000 000, сопровождающих создание и подготовку к изданию листов Госгеолкарты-1000/3 Российской Федерации, обозначилась целесообразность анализа всей совокупности пород регионов от интенсивно- до малоизмененных. В процессе исследований значительное внимание отводилось систематическому и последовательному изучению геохимической специализации геологических комплексов как носителей информации о пространственно-историческом аспекте геохимической эволюции регионов, для которых существование эпох рудоотложения — явление закономерное.

Так, при составлении геохимической основы Госгеолкарты-1000/3 планшета N-45 установлена высокая прогнозная информативность пород осадочного генезиса — карбонатных, углисто-глинистых, кремнисто-глинистых, терригенных. На базе полученных материалов можно сделать выводы о повсеместном распространении признаков вероятного концентрирования геохимических ассоциаций с определенными геохимическими свойствами. В первую очередь, это сведения о специализированных уровнях накопления микроэлементов. Пространственно-исторический анализ тенденций распределения вышекларковых содержаний элементов-примесей (в сравнении с кларками для главных петротипов пород) позволяет увидеть взаимосвязи между геохимическим типом доминирующего полезного ископаемого данной площади и геохимическим типом ассоциации накопления, характерной для вмещающих пород.

В результате изучения ассоциаций со специализированными уровнями накопления сделаны выводы о контактово-метасоматической природе некоторых геологических тел углеродисто-кремнисто-карбонатного, известково-доломитового и терригенно-карбонатного составов. В ареалах распространения данных пород на значительном удалении от месторождений полезных ископаемых отмечаются вышекларковые содержания продуктивных геохимических ассоциаций. Благодаря привлечению представлений об иерархии рудно-геохимических структур на основе анализа пространственных композиций состава ассоциаций накопления представляется возможным конструирование отдельных их фрагментов.

Выявление геохимической специализации пород и использование полученных сведений в целях геохимического прогноза актуально для расширения перспектив уже известных минерогенических структур, а также на площадях с малоизученным минерогеническим профилем.

ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КАК МЕТОД ПРОГНОЗА НОВЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРЕДЕЛАХ БОГАЧЕВСКОЙ КОЛЧЕДАНОНОСНОЙ СТРУКТУРЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПЛОЩАДЕЙ, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН **Ю.В.Никешин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), nms@tsnigri.ru**

PALEO-VOLCANIC RESTRUCTURING AS A PROGNOSTIC METHOD IN REVEALING OF NEW MINERALIZED OBJECTS (AS EXEMPLIFIED BY THE BOGACHEVSK BASE METAL-MINERALIZED STRUCTURE AND ADJOINING AREAS, REPUBLIC BASHKORTOSTAN) **Yu.V.Nikeshin**

Палеовулканологические реконструкции как метод прогноза новых колчеданных объектов успешно применялись рядом исследователей при изучении рудных районов Южного Урала [1–4]. При прогнозной оценке рудных районов основополагающими считаются следующие критерии колчеданности: формационные, стратиграфические, фациальные и структурно-палеовулканологические, применение которых в различных рудных районах требует учета специфики их геологического строения [3]. При этом особого внимания заслуживают потенциально перспективные площади с деформированными в той или иной степени вулканическими сооружениями, перекрытыми постколчеданными образованиями. Типичным примером таких сооружений является Богачевская колчеданноносная структура, расположенная в южной части Баймакского рудного района в Восточно-Баймакской структурно-формационной подзоне Тубинско-Гайской зоны.

Автором проведены палеовулканологические реконструкции с использованием накопленного многочисленными исследователями фактического материала. Отстроена серия поперечных и продольных геологических разрезов, составлена схематическая структурно-формационная карта м-ба 1:25 000, проанализированы и обобщены материалы геофизических и геохимических работ. Полученные результаты на рассматриваемой площади позволяют предположить наличие крупной (протяженность в меридиональном направлении ~7 км, ширина 3 км) экструживно-эффузивно-пирокластической постройки, сложенной вулканитами нерасчлененной андезито-дацитовой толщи непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации (баймак-бурибаевская свита D_1b-br). Постройка включает два экструживных купола и межкуполную палеодепрессию. Экструживные купола практически не несут следов минерализации и сложены преимущественно лавами базокварцевых и мелкопорфировых плагиоклазовых дацитов. Межкуполная палеодепрессия является рудовмещающей и выполнена разнофациальными разновидностями вулканитов (лавами и их туфами).

В северной части палеодепрессии установлены золото-баритовое месторождение Туба-Каин и золото-колчеданно-полиметаллическое рудопроявление Утреннее. Первое из них отработано, второе в настоящее

время доразведывается. В центральной части палеодепрессии имеются отдельные рудные подсечения, в южной (в силу ее недоизученности) — они не выявлены. На всем протяжении в разрезе палеодепрессии отмечается зона околорудных серицит-хлорит-кварцевых метасоматитов. К верхней ее части приурочены непротяженные по простиранию маломощные рудные тела указанных объектов, отвечающие одному уровню рудолокализации. Основные перспективы обнаружения новых рудных тел в пределах палеодепрессии связаны с возможностью распространения оруденения в западном направлении, о чем может свидетельствовать наличие здесь выявленных аномалий ВП, которые требуют заверки бурением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородаевская М.Б., Кривцов А.И., Ширай Е.П.* Основы структурно-формационного анализа колчеданосных провинций. — М.: Недра, 1977.
2. *Кривцов А.И.* Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданообразование. — М.: Недра, 1979.
3. *Серавкин И.Б.* Палеовулканологические исследования в целях прогнозирования колчеданного оруденения на примере Южного Урала с детальной характеристикой Александринского рудного района // Литосфера. 2010. № 3. С. 185–192.
4. *Сопко П.Ф., Исмагилов М.И., Серавкин И.Б., Сопко Л.Н.* Колчеданные месторождения Баймакского рудного района. — М.: Наука, 1973.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВОГО РЕНТГЕН-ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПОИСКАХ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Ю.Н.Николаев, И.А.Калько, Р.А.Митоян, Ю.Н.Сидорина (МГУ), nikolaev@geol.msu.ru

USAGE OF FIELD XRF-ANALYZERS IN CU-PORPHYRY EXPLORATION

Yu.N.Nikolaev, I.A.Kal'ko, R.A.Mitoyan, Yu.N.Sidorina

Находкинское рудное поле (Западная Чукотка) приурочено к Весеннинскому магматогенному поднятию. В его состав входят участки, на которых развиты штокверковое Cu-Mo-порфировое оруденение и жильно-прожилковое Au-Ag, локализованное в кварцевых диоритовых порфиритах позднеюрского возраста и кварцевых монзонит-порфирах раннего мела.

В 2010 г. на участках Находкинское рудное поля проводились поисковые работы на медь и сопутствующие элементы. Осуществлялось детальное минералого-геохимическое картирование с отбором проб из рыхлых образований по сети 100×50 м. При геологических наблюдениях изучались строение и минералого-геохимическая зональность выявленных рудных штокверков и минерализованных зон, производился отбор образцов руд и метасоматитов. На базе отряда работала временная аналитическая лаборатория, в которой анализировались литохимические пробы, образцы руд и метасоматитов с помощью экспресс-анализатора Niton XL3t900 с технологией GOLDD. Результаты анализов проб после первичной обработки использовались для построения карт геохимических аномалий.

Основные характеристики, определяющие аналитические возможности прибора: материал анода трубки — серебро, подаваемое напряжение — 45 кВ, что позволяет анализировать широкий круг элементов от Mg до U. В приборе используется кремниевый дрейфовый детектор SDD с площадью поверхности 25 мм² и разрешением 140 эВ.

В предполевой период были проверены метрологические характеристики прибора: правильность измерения содержаний элементов и их соответствие нижним пределам обнаружения, заявленным производителем. С этой целью сравнивались результаты XRF-анализа, выполненного на Niton XL3t900, и ICP-анализа на примере выборки из растертых литохимических проб, отобранных в предшествующий период, и стандарты TILL-4, RCRA, NIST 2709a, NIST 2780 (всего 35 образцов). Исследования проводились для Cu, Mo, Pb, Zn, As, Ag, Sb, Mn, Fe, S, K, Ca.

Анализ метрологических характеристик экспресс-анализатора Niton XL3t900 показал следующее:

проверка правильности измерений, выполненная на стандартных образцах, а также сравнение результатов анализов проб, выполненных методами XRF и ICP, показывают, что по метрологическим характеристикам анализатор Niton XL3t900 обеспечивает возможность производства приближенно-количественных анализов, по качеству не уступающих (а по некоторым показателям превосходящих) методу ПКСА;

нижние пределы обнаружения Cu, Pb, Zn, Mn позволяют оценивать параметры их фона и выделять слабые геохимические аномалии на уровне $C_{\phi} \cdot \epsilon^{\pm 1}$;

нижние пределы обнаружения As, Sb, Mo достаточны для выделения геохимических аномалий на уровне $C_{\phi} \cdot \epsilon^{\pm 3}$;

нижние пределы обнаружения K, Ca, Si, Fe, S позволяют выделять слабые аномалии на уровне $C_{\phi} \pm S$;

основным достоинством прибора является широкий круг определяемых элементов и высокая экспрессность в производстве анализов — 100 проб/смену, 2500 проб/месяц;

По данным минералого-геохимического картирования на площади Находкинского рудного поля были окартированы площади развития различных фаций метасоматитов (K, Ca, Si, Fe), выявлены аномалии основных рудных элементов, уточнены границы известных и выделены новые потенциальные рудоносные штокверки с Cu-Mo-порфировым оруденением (по Cu и Mo) и жильно-прожилковые зоны с Au-Ag минерализацией (по Pb, Zn, As, Sb, Mn).

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МЕТОДУ СКВАЖИННОЙ ДОБЫЧИ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШЕТРОИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

И.И.Никulin (ООО «Белгородская горнодобывающая компания»), iinikulin@gmail.com

EVALUATION CRITERIA OF DRILLHOLE-MINED RICH FE ORES (AS EXEMPLIFIED BY BOLSHETROITSKOE DEPOSIT, THE KURSK MAGNETIC ANOMALY AREA)

I.I.Nikulin

Большетроицкое месторождение богатых железных руд расположено в крайней юго-восточной части Белгородского рудного района КМА на территории Шебекинского административного района Белгородской области. Оно несколько обособлено и удалено на 80–50 км от остальных железорудных месторождений Белгородского рудного района. Протягивается с севера на юг на 10 км в виде вытянутой спирали шириной 0,7–1,5 км на флангах и 3,3 км в центральной части. Основная масса руд залегает на глубинах 410–470 м. На месторождении широко развиты рыхлые и слабосцементированные разности богатых железных руд, пригодных для извлечения методом скважинной гидродобычи [2]. Весьма благоприятные условия для применения данного метода отмечены на Западном и Восточном участках месторождения в его центральной части, где суммарная мощность рыхлых и слабосцементированных руд достигает 240 м. Западный участок, выбранный для скважинной добычи, представлен одной залежью шириной 1 км и длиной 1,5 км.

Представляется, что на первом этапе геологоразведочных работ с буровой сетью (400–800)·(100–200) м требуется окартировать в пределах участка рудную залежь и выяснить вариации глубины ее залегания. На втором этапе разведки при составлении буровых профилей должны учитываться основные критерии:

водонасыщенность рудной толщи для определения возможности применения скважинной добычи;

выделение очередности разведочных участков (после первого этапа буровых работ на основе ранжирования железных руд по их физико-механическим свойствам);

выделение очередности технологических участков на основе ранжирования по минералого-петрографическим характеристикам с содержанием $Fe_{\text{общ.}} > 60\%$.

Геологоразведочными работами установлено, что на Западном участке доля рыхлых и полурыхлых разновидностей богатых железных руд составляет ~40%. С применением технологии скважинной добычи здесь можно добыть не менее 70 млн. т из ожидаемых 170 (в пределах Лицензионного участка). Ряд специалистов считают, что оставшиеся 60% руд скальной разновидности, добыча которых в принципе возможна традиционными способами подземной разработки, будут потеряны в недрах вследствие их «подрботки» при скважинной добыче. Эти опасения можно считать преувеличенными [1], так как подразумевается безотходное производство. Остальные разности богатых железных руд (скальные и полускальные) останутся в недрах месторождения для возможной дальнейшей отработки подземным способом.

Разработка комплекса еще нерешенных задач и использование предложенных работ позволят создать технико-экономическую модель месторождения с определением рациональной области применения метода скважинной добычи железной руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Колибаба В.Л., Куреев Ф.Ф.* Концепция промышленного освоения запасов богатых железных руд КМА // Горный журнал. 2004. № 1. С. 57–58.
2. *Романов И.И., Шевырев И.А.* Белгородский рудный район // Железные руды КМА. М., 2001. С. 293–438.

МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РУДНОГО АЛТАЯ

М.К.Овсов, Д.Ф.Калинин (ФГУНПП «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»), geolraz@geolraz.com

GEOPHYSICAL DATA INTERPRETATION IN MINERAL EXPLORATION, RUDNY ALTAI: METHODOLOGY, TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES

M.K.Ovsov, D.F.Kalinin

В 2010 г. в ходе выполнения работ по договору от 24.09.09 № Ф-64/4 в рамках Государственного контракта от 02.06.09 № 64-Ф проведены предварительная обработка и интерпретация геофизических данных м-ба 1:50 000 на площади 21,5 тыс. км². В 2011 г. продолжена углубленная обработка данных, которая включает следующие виды работ:

исследование структуры комплексных данных м-ба 1:200 000 с построением обзорной карты м-ба 1:1 000 000 на площадь 112 тыс. км²;

построение схемы интерпретации геофизических данных, которая обобщает результаты формальных исследований отдельных методов наблюдений и комплекса методов в контексте обзорных мелкомасштабных представлений;

моделирование глубинного строения с позиций различных модельных подходов — вейвлет-преобразований, вычисления особых точек и решением прямых и обратных задач;

выделение перспективных площадей для поисков рудных месторождений на основе применения методов распознавания «с обучением» и «без обучения».

Геофизическое картирование в целях выделения локальных площадей, перспективных для изучения в более крупном масштабе, осуществляется в два этапа: формальное исследование данных с применением компьютерных технологий; геологическая интерпретация результатов формальных построений, направленная на решение прогнозной задачи.

Основу компьютерной технологии составляют структурные методы исследований [2, 3], которые позволяют: 1) делить данные наблюдений одного метода на компоненты с последующим отбором информативных признаков; 2) проводить классификационный анализ структуры многомерных метрических данных (авторское свидетельство № 2004612416, 2004 г.) для изучения структуры отдельных методов наблюдений и комплекса методов. На втором этапе с применением картографического метода исследований [1] выделяются важнейшие элементы карты — однородные блоки, линейные и кольцевые картографические образы, на которые следует обратить внимание в первую очередь. Построению образной структуры карты способствует представление частных карт, отображающих основные свойства формально выделенных классов — среднее значение, изменчивость и корреляции признаков.

Разработанная технология компьютерной обработки и картографический метод воплощают важные общие методологические положения исследования наблюдений:

естественность структурных отношений в совокупности данных, основанных на применении критериев, извлеченных из данных наблюдений;

интегрирование в общем результате вербальных — формально-математических и невербальных — картографических методов исследований;

иерархичность логической и образной структуры данных.

Целевой выбор геологических факторов, которые играют решающую роль в определении перспективных локальных площадей, осуществляется при совместном анализе результатов построений геологами и геофизиками. Например [4], для прогноза кимберлитоперспективных районов в Северо-Западном регионе геологами-разведчиками были отобраны следующие факторы: рифтогенные континентальные образования — авлакогены, пересекающие их зоны тектономагматической активизации, наложенные на них структуры центрального типа.

Прогнозные критерии отбираются с учетом значимости в процессе формирования минерогенических таксонов, с одной стороны, и их отчетливой проявленности в геофизических полях, трансформантах и результатах анализа данных — с другой. Реально отбор осуществляется последовательным приближением: сначала необходимо увидеть саму возможность картирования определенных геологических факторов («зацепиться») в результатах пробной обработки, затем, управляя параметрами обработки, усилить проявленность факторов в результатах на главном этапе исследований и, наконец, выполнить целевую геологическую интерпретацию.

Рифтогенная область Рудного Алтая, испытавшая полный цикл развития, — явление более сложное, чем сходные образования в пределах Восточно-Европейской платформы или в Западной Сибири, для которых задача картирования рифтов и основных элементов их строения по геофизическим данным решена или приближается к разрешению. Основные результаты геологической интерпретации следующие:

рифтогенная область в целом картируется в южной части площади обзорных исследований как зона повышенных значений анизотропии магнитного и гравитационного полей размерами 100×250 км с северо-западной ориентировкой длинной оси;

в пределах площади исследования м-ба 1:200 000 выделяется структура центрального типа (СЦТ) с поперечником 100 км, которую можно соотнести с таксоном в ранге рудного района; при этом отмечается более высокая изменчивость данных к юго-западу от осевой линии зоны (особенно заметно на картах корреляций признаков);

структурный план района определяется серией разломов диагональной и ортогональной систем, которые образуют детальную мозаичную структуру; при этом разрывные нарушения, выделенные в м-бе 1:1 000 000, сквозные для площади работ м-ба 1:200 000, отнесены к нарушениям старшего ранга;

в пределах района выделяется также ряд СЦТ с размерами в поперечнике 20–30 км, с которыми соотносятся рудные узлы — Рубцовский, Змеиногорский, Золотушинский; при этом структуры рудной формации характеризуются пониженными значениями гравитационного поля средней по порядку изменчивости компоненты;

аналогичными положением и характеристиками обладает СЦТ, расположенная между Рубцовским и Золотушинским рудными узлами и которая требует изучения в более крупном масштабе — в этом заключается главный прогнозный результат.

Таким образом, через построение структурной модели территории изучения и выявления обстановок, аналогичных установленным рудным формациям, осуществляются прогноз и выделение площадей для проведения более детальных поисковых работ.

Классификационный структурный анализ, который можно отнести к методам распознавания «без обучения», на этапе собственно прогнозных исследований дополняется методом распознавания «с обучением» — технология MultAlt. Условия дополнительности реализуются благодаря тому, что, с одной стороны, потенциально рудные формации, выделенные исключительно как структурные композиции, получают специализированную вещественную характеристику, с другой — выбор эталонов распознавания в содержательных и пространственных границах может быть сделан с учетом структурной обстановки. Комплексирование разных модельных подходов для решения задачи прогноза рудных формаций — важный и наиболее перспективный методологический принцип, реализация которого способствует повышению достоверности прогноза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдэ А.И. Картографический метод исследования при региональных геологических работах. — Л.: Недра, 1990.
2. Каждан А.Б. Методологические основы разведки полезных ископаемых. — М.: Недра, 1974.
3. Овсов М.К. Классификационный структурный анализ геохимических и геофизических данных // Прикладная геохимия. Вып. 5 «Компьютерные технологии». М., 2004. С. 135–143.
4. Скороспелкин С.А., Иванов А.И., Овсов М.К. Прогнозная оценка алмазности Северо-Запада России с применением компьютерных технологий // Разведка и охрана недр. 1999. № 9–10. С. 37–39.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Е.Г.Ожогина, А.А.Рогожин (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

MINERALOGICAL SUPPORT OF MINERAL EXPLORATION

E.G.Ozhogina, A.A.Rogozhin

Минералогические исследования являются неотъемлемой частью геологоразведочных работ, составляя значительную их часть на всех этапах и стадиях. И сегодня их роль весьма высока, так как современные руды в большинстве своем отличаются сложным составом и строением, относятся к комплексным, нередко низкосортным и, следовательно, труднообогатимым или практически необогатимым.

Четко прослеживается тенденция изменения видов и последовательности минералогических работ на разных этапах и стадиях геологоразведочных работ. Нередко уже на ранних стадиях изучения месторождений планируются и проводятся глубокие минералогические исследования сырья, позволяющие при минимальных затратах получить достаточно полную, всестороннюю и достоверную информацию о сырьевом объекте, чтобы сделать его инвестиционно привлекательным.

Прикладные минералогические исследования полезных ископаемых в настоящее время отличаются от аналогичных минералогических работ прошлого века. Это обусловлено, в первую очередь, существенным прогрессом в научном, методическом, техническом и инструментально-аппаратурном обеспечении минералого-аналитических исследований природных и техногенных объектов и технологий их переработки (развитие информационных компьютерных технологий, создание новых поколений аналитической и технологической аппаратуры, развитие нанотехнологий и проч.). Также следует учитывать, что постоянно возрастающая интеграция России в мировую экономическую систему привела к необходимости соблюдения международных стандартов и норм при выполнении измерений и сертификации продукции.

В практику минералогических исследований уверенно входят количественные методы, позволяющие не только определять состав объекта исследования (рентгенографический, петрографический, оптико-минералогический, минераграфический методы), но и морфоструктурные характеристики — гранулярный состав рудных минералов, их морфометрические параметры (оптико-геометрический, рентгенотомографический, электронно-микроскопический методы). Возросла роль прецизионных физических методов, в частности, аналитической электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа. Это связано с необходимостью изучения тонкодисперсных полиминеральных руд, в которых не всегда возможно надежно выявить и диагностировать все минеральные фазы и определить характер их взаимоотношения. Присутствие в рудах незначительного содержания отдельных минералов или гетерогенных зерен рудных минералов, мономинеральные фракции которых невозможно выделить для определения их элементного состава традиционными методами химического анализа, потребовало привлечения микрорентгеноспектрального анализа.

В ВИМС проводятся прикладные минералогические исследования твердых полезных ископаемых (главным образом руд черных, легирующих, редких металлов) на всех этапах и стадиях геологоразведочных работ. Особо следует отметить, что в последние годы резко возрос объем минералогических работ, включая прецизионные исследования, при региональном геологическом изучении недр и поисково-оценочных работах.

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.Н.Орехов (ИПР ТПУ), orekhovan@mail.tomsknet.ru

PHYSICAL AND GEOLOGICAL MODELING AS A BASIS OF GEOPHYSICAL DATA INTERPRETATION

A.N.Orekhov

В последнее время в аппаратно-методическом обеспечении геофизических работ произошли кардинальные изменения — существенно повысились их точность и производительность, что делает возможным переход на съемки по плотным и сверхплотным сетям, разрабатываются новые алгоритмы коли-

чественной интерпретации. Однако эффективность этих достижений резко снижается в тех случаях, когда геофизические методы используются при изучении месторождений тех полезных ископаемых, которые сами не создают сколько-нибудь значимых аномалий физических полей. В качестве наиболее яркого представителя этого класса объектов, можно назвать месторождения золота. В подавляющем большинстве случаев аномалии тех или иных физических полей на этих месторождениях не картируют участки повышенного содержания полезного компонента. Соответственно, и результаты количественной интерпретации в этих случаях востребованы слабо. Означает ли это, что использование геофизических методов при изучении подобных месторождений ограничивается только решением картировочных и структурно-тектонических задач? На наш взгляд — нет. Как нам представляется, весьма эффективным инструментом, позволяющим интерпретировать геофизические данные в подобных условиях, служит физико-геологическое моделирование. Его применение в целях повышения эффективности геофизических методов при изучении месторождений различного генезиса — объективная необходимость. На это указывают многие авторы (Г.С.Вахромеев и др., 1978; Л.Я.Ерофеев и др., 2003). С использованием этого подхода существенно повышается достоверность прогноза, сделанного по геофизическим данным, становится возможным решение задач, связанных с определением уровня эрозионного среза изучаемого объекта и др.

Основной проблемой является технология формирования достоверной физико-геологической модели месторождения. Это не очень простой, кропотливый и требующий определенной квалификации процесс. По нашему мнению, создание эффективных моделей возможно только для достаточно крупных хорошо изученных объектов. Обусловлено это следующими причинами. Во-первых, при формировании таких месторождений рудные процессы, как правило, имеют сравнительно большой размах, последствия их проявления оставляют заметный след в исходном субстрате. Во-вторых, такие объекты чаще всего достаточно хорошо изучены геологическими и геофизическими методами, имеется большой объем керна, который можно использовать для определения физических свойств, данных ГИС, геохимических и минералогических данных, результатов наземных геофизических исследований.

Созданные таким образом физико-геологические модели обладают высокой адаптивностью. С одной стороны, они достаточно легко трансформируются под особенности конкретного месторождения, относящегося к тому же типу, для которого модель создавалась. С другой стороны, использование моделей дает возможность проследить как меняется структура наблюдаемых на поверхности физических полей при различном уровне эрозионного среза. Это приводит к правильной оценке их перспектив и исключает пропуск объектов. Кроме того, при корректно составленной модели в качестве поисковых признаков можно применять как амплитудные, так и статистические (дисперсию, стандарт и т.д.) характеристики наблюдаемых физических полей, что значительно расширяет возможности геофизических методов в их современном состоянии, можно также анализировать малоамплитудные аномалии, по уровню соизмеримые с уровнем помех.

Практические примеры показывают высокую эффективность описанного подхода к интерпретации геофизических данных. Работы выполнялись при изучении объектов различных типов (золоторудных, медно-молибден-порфириновых, медно-никелевых). Во всех случаях результаты прогноза были подтверждены последующими горно-буровыми работами, показав удовлетворительную сходимость.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ И ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ ФОРМАЦИЙ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Б.Ф.Палымский (СВКНИИ ДВО РАН), palymsky@neisri.ru

MAGADAN OBLAST: ECONOMIC POTENTIAL OF Au AND Au-Ag MINERALIZATION

B.F. Palymsky

Золотодобывающая промышленность Северо-Востока России за 80 лет своей истории испытывала неоднократные взлеты и падения, которые всегда находили «научное» обоснование в виде наступления периодов «затухания Золотой Колымы», или «старения» отрасли. Однако длительная рецессия золотодобычи последних десятилетий не находит разумного объяснения в науке и на практике в связи с открытиями в регионе крупнейших месторождений — золоторудного Наталка и золото-серебряного Купол. Успешная защита запасов месторождения Наталка способствовала появлению инновационного проекта освоения Яно-Колымской золотоносной области [1], имеющего федеральное значение.

Подтверждением высоких перспектив Магаданской области на открытие и разработку месторождений благородных металлов может служить анализ распределения утвержденных прогнозных ресурсов золота по Яно-Колымской, Колымо-Омолонской, Охотско-Чукотской и Охотской металлогеническим провинциям Магаданской области. Более 60% апробированных ресурсов приходится на Яно-Колымскую провинцию, примерно треть — на Колымо-Омолонскую, около 8% — на Охотско-Чукотскую и лишь 2% — на Охотскую. Наибольшее промышленное значение в регионе имеют золото-кварцевая и золото-серебряная формации. Первая из них, формирующая около 80% ресурсного потенциала Яно-Колымской провинции, представлена различными минеральными и структурно-морфологическими типами; любопытно, что большая часть этого потенциала приходится на Иньяли-Дебинский синклиниорий, в то время как геологоразведочные работы ориентированы преимущественно на изучение Аян-Юряхского антиклинория. Приоритет принадлежит выявлению крупнотоннажных месторождений типа уникального по масштабам Наталкинского [3], не оценен по настоящему так называемый «дайковый» штокеркоподобный тип [2].

Ресурсы проявлений золото-серебряных формаций, образующих ряд разновидностей [4], сосредоточены в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и на Омолонском массиве. Известные месторождения этого типа служат в последние годы основным поставщиком благородных металлов; потенциал подобных объектов далеко не исчерпан, о чем свидетельствует находка в пределах Охотско-Чукотского пояса крупного месторождения Купол.

В ближайшей и дальней перспективах важное промышленное значение будет принадлежать также золото-редкометальной, золото-сульфидной и золото-сульфидно-кварцевой формациям, проявления которых известны практически во всех металлогенических провинциях; недостаточно внимательное отношение к ним было обусловлено, в первую очередь, невысоким содержанием металла в рудах, но при больших объемах рудной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов Б.К., Киммельман С.А., Михайлов С.Б. Создание нового российского центра золотодобычи мирового уровня на базе освоения Яно-Колымской золоторудной провинции // Форум GEOMINEX, геология, горнодобывающая промышленность. М., 2006. С. 186–192.
2. Особенности строения Наталкинского золоторудного месторождения / С.А.Григоров, В.Д.Ворожбенко, П.И.Кушнарев и др. // Форум GEOMINEX, геология, горнодобывающая промышленность. – М., 2006. С. 147–160.
3. Палымский Б.Ф., Прусс Ю.В. Геологическая модель золоторудных месторождений дайкового типа (на примере Среднекан-Утинского района) // Геологическое строение, магматизм и полезные ископаемые Северо-Восточной Азии. Магадан, 1997. С. 78–80.
4. Сидоров А.А. Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканических поясов. – Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978.

ПРОБЛЕМЫ СВЯЗИ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ ОТРАСЛИ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Б.Ф.Палымский (СВКНИИ ДВО РАН), palymsky@neisri.ru

ACADEMY – INDUSTRY RELATIONSHIP ISSUES IN THE RUSSIAN FAR NORTH-EAST

В.Ф.Палымский

Главная цель создания научно-методических основ — целенаправленное внедрение научных разработок в производство. За прошедшие 80 лет промышленного освоения Северо-Востока России научно-методическое обеспечение геологоразведочной отрасли региона претерпело как позитивные, так и негативные изменения. На пионерном этапе (1928–1931 гг.) одним из важнейших достижений первооткрывателей «Золотой Колымы» Ю.А.Билибина и его соратников была неременная нацеленность геологической науки на нужды производства, начиная со знаменитого «векселя Билибина». С развитием золотодобычи эта связь постоянно укреплялась, и от открытия месторождения до его промышленного освоения проходили считанные дни. При организации Дальстроя, объединившего все виды геологоразведочных и горнодобывающих работ, в каждом его подразделении были созданы научно-исследовательские отделы, занимавшиеся как общенаучными проблемами, так и методикой геологических исследований на всех стадиях деятельности. При создании ВНИИ-1 с фундаментальным и прикладным

направлениями науки в геологической и горной отраслях к этому институту перешли многие внедренческие функции. Новый этап связан с реорганизацией Дальстроя в 1957 г. и созданием Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института в 1960 г. Во-первых, произошло разделение на самостоятельные ветви ранее тесно увязанных между собой научных исследований в геологии и горном деле. Во-вторых, в самостоятельные направления выделились фундаментальные геологические исследования, осуществлявшиеся СВКНИИ, и прикладная наука, которой стала заниматься тематическая экспедиция при Северо-Восточном геологическом управлении и НИО в геологоразведочных экспедициях.

Созданная система достаточно успешно функционировала около 30 лет, но была разрушена в 90-е годы прошлого столетия. В результате ликвидирована отраслевая наука в лице специализированной тематической экспедиции и разветвленной сети НИО; потеряна связь фундаментальных исследований с производством; утрачено важное звено в цепи научных исследований в геологии — внедренческое.

Для реанимации научного потенциала необходимо восстановить «прерванную цепочку»: фундаментальные исследования — отраслевая наука — региональные исследования — поисковые и разведочные работы — горнодобывающее производство. Эти направления в некоторых случаях могут существовать параллельно, но важнейшее звено — отраслевая наука, представленная отраслевыми институтами, их подразделениями или предприятиями иной формы организации, должна функционировать в каждом минерально-ресурсном регионе как основной концентратор научных идей и передаточный орган для внедрения их в геологоразведочную и добывающую отрасли.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ФЛЮИДОИНДЕКСАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА РУД БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПУТНИКОВ НА ЮГЕ РОССИИ

С.Г.Парада (Южный научный центр РАН), Г.В.Зеленщиков (ОАО «Южгеология»), Д.Б.Давыденко (Южный научный центр РАН), segripa@rambler.ru, southgeology@mail.ru, davyd@ssc-ras.ru

EXPERIENCE IN THE FLUID REMOTE SENSING IN THE NOBLE METAL EXPLORATION: CASE HISTORIES FROM SOUTH RUSSIA

S.G.Parada, G.V.Zelenshchikov, D.B.Davydenko

Выявленный к настоящему времени рудоминерагенический потенциал Северного Кавказа и Восточного Донбасса явно невелик. В то же время, основной фактор рудогенеза — магматическая активность — в разные периоды развития этих площадей была достаточно велика, о чем можно судить как по выходам интрузивных образований на современную поверхность, так и по геофизическим данным (особенно в пределах площадей первого региона).

Одна из возможных причин малого числа выявленных рудных месторождений на Северном Кавказе — приуроченность искомым объектов к более глубоким гипсометрическим уровням, еще не вскрытым эрозией. По-видимому, основной рудный потенциал молодой горной страны связан со «слепыми» рудными телами. Применение на ее территории геофизических методов (традиционно используются для поисков) крайне затруднено из-за сложного рельефа. А для Восточного Донбасса основная помеха — перекрывающие мезокайнозойские отложения различной мощности.

В связи с изложенным достаточно перспективным направлением представляется формирование комплекса мобильных поисковых методов. В качестве одного из возможных элементов подобного комплекса рассмотрим прогнозно-поисковые исследования на основе многозональных космических снимков. Эти исследования базируются на своеобразных математических преобразованиях, обеспечивающих выявление над рудоносными площадями аномального эффекта. Физическими предпосылками подобной технологии опосредования является следующее;

рудные тела, еще не вскрытые эрозией, но уже попавшие в зону гипергенеза, подвержены широкому воздействию физико-химических факторов, в результате чего происходят вторичные изменения рудно-породной массы;

водные растворы, циркулирующие в этой зоне, обогащаются микродозами химических элементов из рудной массы и транспортируют их к земной поверхности;

возникающие в рудных телах микротрещины обуславливают высвобождение палеофлюидов из газовой-жидких включений и миграцию рудных газов к земной поверхности (Фридман, 1970; Ronald, 1993; Polito1, 2002);

микрогазохимические компоненты адсорбируются в припочвенном слое над «слепыми» рудными телами, что приводит к изменениям физико-химических параметров растительности и почв, в том числе и их спектрально-отражательных характеристик;

аномалии отражательных характеристик, возникающие на площадях надрудных ландшафтов, отображаются на многозональных космических снимках и выявляются по результатам математических преобразований спектра изображения.

Исследования в целях прогнозирования рудных тел по спектрально-космическим снимкам начаты в 2009 г. на Хасаутском рудном поле Малкинского рудного узла. Используемая технология обработки и анализа космоснимков включает следующие этапы:

создание признакового пространства и районирование (типизация) площади участка;

выбор информативных типов, соответствующих повышенному содержанию рудного элемента (в данном случае золота) по результатам литогеохимических исследований;

присвоение различным типам весовых коэффициентов и перевод результатов типизации из качественного представления в количественное.

На площадях Восточного Донбасса выделены зональные аномалии метана (один из компонентов «рудного газа»), получена высокая их коррелируемость с зональностью рудогенеза в этом регионе.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАСЕЙНАХ

И.Г.Печенкин, В.Н.Щеточкин (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

SPECIAL FEATURES OF SUPERGENIC U DEPOSITS PREDICTION IN HYDROCARBON-BEARING BASINS

I.G.Pechenkin, V.N.Shchetochkin

Открытие в Средней Азии и Южном Казахстане в середине XX в. урановых месторождений нового генетического типа (песчаниковый по типизации МАГАТЭ) в осадочных породах заставило обратить на них серьезное внимание. Интерес к рассматриваемым объектам определялся их крупными и уникальными масштабами, легкостью и экономической выгодой обработки способом подземного выщелачивания, поликомпонентным составом руд (Se, Mo, V, Re, Sc и др.).

Уже на первых этапах исследований было установлено, что урановые месторождения, локализуемые в краевых частях нефтегазоносных бассейнов, обладают рядом особенностей. В одних случаях битуминизация и связанные с ней процессы повышают восстановительную емкость рудовмещающих пород, в других — ведут к «захоронению» рудообразующих зон пластового окисления, что усложняет поисково-разведочные работы.

В 50-е годы XX в. на месторождении Майлисай (Ферганская впадина) впервые изучалось взаимоотношение окислительных и восстановительных процессов в карбонатной толще палеогена. Было определено наличие дорудного и пострудного эпигенеза нефтяного ряда. Часть уранового оруденения оказалась залита жидкой нефтью.

В середине 60-х годов на месторождении Сабырсай (Узбекистан) в первично красноцветных континентальных отложениях изучались дорудные восстановительные изменения, благодаря которым на контрастном геохимическом барьере сформировалось промышленное оруденение. Дальнейшие работы показали, что разнонаправленные эпигенетические процессы сменялись неоднократно.

Исследования на небольшом объекте Комсомольское (Таджикистан), локализуемом в неогеновой первично красноцветной молассе, доказали возможность рудогенеза в геологически «юных» отложениях, предварительно подвергшихся восстановлению. Несколько позже (70-е годы) к близким выводам пришли и американские геологи, изучавшие урановые месторождения нефтегазоносной Техасской равнины. На месторождении Бенеvides, по их мнению, основное оруденение тяготеет к границе выклинивания зон пластового окисления, развивающихся в эпигенетически восстановленных породах. На ряде объектов отмечено и повторное — пострудное восстановление.

В 60–70-е годы специалистами ВИМС в Центрально-Кызылкумской урановорудной провинции (Узбекистан) была разработана и применена методика изучения эпигенетических изменений в осадочных толщах. Она заключается в том, что более поздние изменения осадочных пород отмечаются в самых водопроницаемых разностях разреза (пески, гравелиты, конгломераты). Ранние процессы могут сохранить следы в алевроитистых и глинистых частях осадочной толщи или в грубозернистых породах на крепком цементе. Это выражается в появлении в них цветных каемок различного генезиса. Чем дальше от контакта с водоносным горизонтом находится в слабопроницаемой породе кайма, тем более раннему наложенному изменению она соответствует. Дополнительными диагностическими признаками произошедших изменений могут служить различные минералы, типичные для определенных процессов, или цементация ранее водопроницаемых пород продуктами эпигенеза.

Установленная последовательность эпигенетических изменений позволяет проводить специализированное картирование на перспективных площадях с выявлением скрытых частей эпигенетической окислительной зональности и «захороненного» оруденения. Примененная при работе методика изучения эпигенетических изменений в породах осадочного чехла, разработанная на урановых объектах Средней Азии и апробированная в Монголии, Китае и других странах, может быть успешно использована при прогнозных исследованиях в краевых частях нефтегазоносных бассейнов России.

СПОСОБ ОПЕРАТИВНОЙ ТИПИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ФОСФАТНЫХ РУД КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КАРБОНАТИТОВ НОВОПОЛТАВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, УКРАИНСКИЙ ЩИТ

В.Т.Погребной (ГП «Днепрогеофизика», Украина), vit.pogrebnoy@yandex.ru

PHOSPHATE ORES IN WEATHERING PROFILE OF CARBONATITES: A METHOD OF THEIR EXPRESS MINERALOGICAL CLASSIFICATION (NOVOPOLTAVSKOE DEPOSIT, UKRAINIAN CRATON)

V.T.Pogrebnoy

Месторождение находится в карбонатитовой полосе [1], приуроченной к протяженной субмеридиональной Черниговской зоне разлома. Карбонатиты образуют систему крутосекущих жил, залегающих среди гранитизированных архейских пород. В площадно-линейной коре выветривания карбонатитов, мощность которой варьирует от первых до 300 м и более, заключен существенный объем запасов апатитовых руд месторождения. Кроме остаточного апатита, в ряде колонок продуктивных кор выветривания дисперсно-зернистого сложения зафиксированы интервалы, обогащенные вторичным фосфатом, который диагностирован как стронциево-редкоземельный крандаллит [2]. В этих колонках химический состав фосфатных руд представлен количественно неизвестным суммарным долевым участием двух минеральных фаз — остаточным апатитом и вторичным крандаллитом. Крандаллит образует ноздревато-ячеистые агрегаты серовато-желтого цвета. На участках, сохранивших структуру исходной породы, наблюдаются тонкие зоны и прожилки, сложенные почти мономинеральными скоплениями фосфата. Его выделения характеризуются овальной или близкой к ней вытянутой формой с плавными извилистыми контурами. Пространство между отдельными выделениями выполнено тонкодисперсной смесью того же фосфата и гидроксидов железа. Минерал хрупок, легко измельчается. Результаты эксперимента показали, что лишь 20–30% крандаллита от общего его количества в пробе «улавливаются» минералогическим анализом, а 70–80% компонента попадают в шламы.

Для определения долевого участия апатита и крандаллита в биминеральных фосфатных рудах месторождения разработан способ оперативной типизации. В качестве исходного принято условие о представительности выборки по содержанию фосфора и суммы редких земель и их соотношениях в апатите и крандаллите из этих фосфатных руд по данным химических анализов мономинеральных навесок. Способ разработан на основе результатов исследований, включающих серии рентгенометрических диагностик, количественных минералогических и химических анализов мономинеральных навесок апатита и крандаллита, составления системы уравнений и определения формул расчета количественного содержания каждого минерала.

Проверка способа при определении поминерального баланса фосфора и, прежде всего, апатитовой составляющей, а также крандаллитовой его части, уходящей в шлам, на представительном количестве

проб опорных разрезов (колонок) в рентгенометрически и минералогически зафиксированных биминеральных фосфатных рудах подтвердила эффективность его применения на практике. Способом в оперативном режиме осуществляется типизация биминеральных фосфатных руд с определением апатитовых, крадаллит-апатитовых (апатит-крадаллитовых) и крадаллитовых разностей.

Способ в сочетании с разработанной номограммой определения минерального состава (сортности) руд, сеткой-планшетом оперативного определения содержаний апатита и крадаллита в продуктивной коре выветривания и данными массовых химических анализов — это основные элементы создания компьютерной модели продуктивной коры выветривания для целей минералого-технологического картирования, проектирования селективной обработки руд, включая СГТ, технологии обогащения и переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карбонатитовая зона Украинского щита* / Ю.Л.Капустин, Э.М.Лапицкий, В.Т.Погребной и др. // Советская геология. 1977. № 9. С. 80–92.
2. *Погребной В.Т., Тимошенко И.Л., Капустин Ю.Л.* Стронциево-редкоземельный крадаллит из коры выветривания карбонатитов // Минералогия осадочных образований. Киев, 1977. № 4. С. 74–79.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ — ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

М.М.Понамарева (ВГУ), marichka15@maul.ru

SPECIAL MINERALOGICAL FEATURES OF METASOMATITES AS CRITERIA OF FE DEPOSITS PROSPECTIVENESS AS NOBLE METAL SOURCES

M.M.Ponamareva

Один из важнейших компонентов железорудных месторождений КМА — благородные металлы — связаны с разнообразными метасоматическими образованиями. Основным критерием для их типизации и оценки продуктивности являются минералогические особенности.

Среди ранее выделенных [1] типов золото-платинометального оруденения (осадочно-метаморфогенный, метаморфогенно-метасоматический, гидротермально-метасоматический, гипергенно-метасоматический, осадочный, техногенный) особый интерес представляет гидротермально-метасоматический (Au 0,6–6,2 г/т, иногда до 35,8 г/т, ЭПГ 0,3–0,5 г/т).

В метаморфогенно-метасоматическом типе метасоматитов впервые выделены эгириновый и рибекитовый подтипы [2]. Получены новые данные по минералогии щелочных железистых кварцитов. Среди таких щелочных амфиболов, как рибекит и магнезиорибекит, установлены новые — магнезиоарфведсонит и арфведсонит.

Гидротермально-метасоматический тип включает два подтипа [3]: апатит-ортоклаз-пирит-карбонат-кварцевый и барит-гематит-карбонат-кварцевый. В составе первого присутствуют апатит, ортоклаз, кварц, карбонаты (пистомезитового состава), слюды (тетраферрианнит) и рудные минералы (в основном магнетит и пирит). Изучение взаимоотношений этих минералов показало, что на начальных стадиях формировались кварц, магнетит, карбонаты и слюды. На последующей стадии в кварце появляется апатит, а в конце метасоматического процесса формируются зерна ортоклаза с включениями ранее образованного апатита и магнетита. По периферии ортоклазовых зерен образуется каемка тетраферрианнита. Во втором подтипе среди прожилков, сложенных гематитом, кварцем, сидероплезитом, найден стронцийсодержащий барит (Ba 62,51, Sr 0,37, S 13,56, O 23,56 вес. %).

Современные методы изучения вещества (микрозондовые исследования на растровом электронном микроскопе Jeol 6380 LV с энергодисперсионным анализатором INCA 250 (ВГУ) и Jeol JCHA – 733 – ИминУрО РАН (г. Миасс) и рентгеноспектральный флуоресцентный (силикатный) анализ позволили установить минералого-петрографические и петрохимические особенности разнотипных метасоматитов и на основе изучения их минеральных парагенезисов построить метасоматические колонки для целей прогноза.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 08-05-00158-а и ГК № 02.740.11.0021 под руководством проф. Н.М.Чернышова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чернышов Н. М.* Золото-платинометалльное оруденение черносланцевого типа Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). – Воронеж: ВГУ, 2007.
2. *Понамарева М.М.* Минералогия щелочных силикатов Михайловского железорудного месторождения КМА (Центральная Россия) // Мат-лы XVI Международной конференции «Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы». Воронеж, 2010. С. 140–144.
3. *Попкова Н.В.* Золотоносность докембрийских образований Михайловского рудного узла (КМА): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – СПб., 2003.

МАТЕРИАЛЫ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ПРИ ИЗУЧЕНИИ РУДОНОСНЫХ РАЙОНОВ СИБИРИ

А.А.Поцелуев, А.А.Ананьев, В.Г.Житков (ТПУ), potceluevAA@ignd.tpu.ru

RECENT SATELLITE SURVEYS DATA IN STUDIES OF SIBERIAN MINERALIZED AREAS

A.A.Potseluev, A.A.Anan'ev, V.G.Zhitkov

Использование материалов космических съемок (МКС) весьма актуально как при исследовании новых районов, так и на изученных и опосредованных наземными методами площадях, где можно рассчитывать главным образом на выявление скрытых рудных объектов (глубоко залегающих и (или) перекрытых рыхлыми отложениями). Следовательно, требуется применение инновационных технологий, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств локализовать перспективные площади для постановки детальных поисковых и оценочных работ комплексом глубинных методов.

Преимущество МКС отмечается по многим параметрам (Поцелуев, Ананьев, Житков, 2010). Но необходимо подчеркнуть, что в отличие от традиционно используемых в геологии профильных наблюдений (наземные и аэрометоды), которые характеризуются выборочной пространственной информативностью (в зависимости от ориентировки профилей) и дискретностью, МКС равно азимутально информативны и непрерывны. В связи с этим они позволяют, как правило, получать принципиально новую геологическую информацию даже на детально изученных площадях.

Современные мультиспектральные данные позволяют получать информацию в широком спектре от коротковолновой части видимого диапазона (0,3–0,4 мкм) до теплового (10–20 мкм) и радиодиапазона (n -см) с малым, средним и высоким пространственным разрешением. В разных диапазонах КС геологические объекты и явления проявляются по-разному. В одних случаях предпочтительна съемка в каких-то участках видимого диапазона, в других более информативны различные каналы ИК и теплового диапазонов (Поцелуев, Ананьев, Житков и др., 2010).

Авторами (Ананьев, Поцелуев, Житков, 2010; Поцелуев, Ананьев, Анникова и др. 2007; Поцелуев, Ананьев, Житков 2010) проведены разномасштабные работы (м-ба 1:500 000–1:5000) в районах Горного (Калгутинский редкометалльный) и Рудного Алтая (Зыряновский и Лениногорский полиметаллические), Западной Калбы (район золоторудного месторождения Бакырчик), Восточной (Бодайбинский золоторудный, Ачитканский золото-урановорудный, Витимский урановорудный), Центральной и Западной Сибири (Енисейский кряж, Ортон-Федоровский золоторудный и Усинский), Северного Казахстана (Валерьяновская структурно-формационная зона). Изученные районы значительно отличаются по природным условиям — типу рельефа, характеру растительности, степени обнаженности, составу и мощности рыхлых перекрывающих отложений, геокриологическим условиям. Показана высокая геологическая информативность МКС во всех природных обстановках.

МКС позволяют решать геологические задачи на всех без исключения этапах и стадиях геологоразведочных работ — от прогноза до разведки и освоения месторождений. При этом на каждой стадии работ в зависимости от масштаба и решаемых задач необходимо использовать свой наиболее информативный комплекс МКС.

Установлены ранее не известные (в том числе не обнаруженные наземными и аэроработами) элементы геологического строения, имеющие важное минерагеническое значение. Получены принципиально новые данные о характере структур ряда районов и рудных полей, уточнены границы интрузивных тел и характер их взаимоотношения, проведено расчленение и определен характер залегания стратифицированных образований, выделено значительное количество новых тектонических зон рудоконтролирующе-

го и пострудного характера, уточнено положение известных рудных объектов, выявлены новые перспективные жильно-метасоматические зоны.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Н.А.Прусакова, К.В.Громцев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
na_prusakova@mail.ru

DEEP RESOLUTION TECHNIQUES-BASED REGIONALIZATION OF EUROPIAN PART OF RUSSIA AS A BASIS OF DELINEATION OF DIAMOND-PROMISING TERRITORIES

N.A.Prusakova, K.V.Gromtsev

Локализация алмазоперспективных территорий европейской части России на основе глубинного геолого-геофизического районирования проводилась последовательно с выделением (в зависимости от масштаба геологоразведочных работ) потенциально алмазоносных субпровинций и кимберлитоконтролирующих зон (в м-бе 1:2 500 000–1:1 000 000), потенциально алмазоносных районов и полей (в м-бе 1:1 000 000–1:200 000), в пределах наиболее перспективных кустов (групп) тел (в м-бе 1:200 000–1:100 000).

При выделении алмазоперспективных территорий применялись критерии прогнозирования, сформулированные на основе иерархически соподчиненной системы глубинных геолого-геофизических прогнозно-поисковых моделей разноранговых алмазоносных минерагенических таксонов. Модели таксонов разработаны эмпирическим путем по результатам изучения закономерностей локализации проявлений алмазоносного магматизма в известных алмазоносных провинциях мира и в целом согласуются с основными представлениями об алмазообразующем процессе. Они содержат ряд достаточно устойчивых косвенных признаков, которые служат индикаторами того или иного минерагенического таксона.

В процессе глубинного структурно-геофизического районирования европейской части России изучен характер распределения (по латерали и вертикали) различных геофизических параметров практически по всей толще литосферы. Построена серия промежуточных карт и схем, дающих представление о характере распределения физико-геологических неоднородностей в верхней мантии, нижних, средних и верхних горизонтах земной коры. Конечная цель проводимых построений — выделение глубинных геолого-геофизических факторов, соответствующих по своим параметрам существующим представлениям о разномасштабных алмазоконтролирующих структурах. Выделенные таким образом структуры составили основу карты глубинного структурно-минерагенического районирования европейской части России м-ба 1:2 500 000 и карт-врезок м-ба 1:200 000.

Впервые для европейской части России при прогнозно-минерагенических исследованиях на алмазы рассмотрена концепция литосферного корня — области алмазоносной мантии. Установлены глубинные неоднородности, которые по своим параметрам могут быть индикаторами областей алмазоносной мантии. Сопоставление структурного плана кристаллического фундамента исследуемого региона с результатами выполненного глубинного геолого-геофизического районирования показало, что не все геоблоковые архейские структуры имеют полное пространственное совмещение с предполагаемыми областями алмазоносной мантии. В то же время, не все части подвижных структур совмещаются в пространстве с предполагаемыми областями неалмазоносной мантии. В минерагеническом плане области алмазоносной мантии сопоставляются с потенциально алмазоносными субпровинциями. В их пределах выделены 34 площади, которые по геолого-геофизическим характеристикам могут соответствовать областям разгрузки предполагаемых глубинных очагов магмогенерации, в минерагеническом плане идентифицируемым как кимберлитовые (лампроитовые) районы и поля.

Эффективность выполненных прогнозных построений подтверждается минералогическими данными и открытием ЦНИГРИ на западе Карелии в пределах вновь выделенной перспективной площади ранга кимберлитового (лампроитового) поля тела лампроитового состава.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПО ИХ КОНЦЕНТРАЦИЯМ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРАХ ОРЕОЛОВ ПОТОКОВ РАССЕЙВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ

С.М.Радомский, В.И.Радомская (Институт геологии и природопользования ДВО РАН),
rsm@ascnet.ru, radomskaya@ascnet.ru

GEOCHEMISTRY OF THE NOBLE METAL EXPLORATION TECHNIQUES EMPLOYING SUPERGENIC PHYSICOCHEMICAL BARRIERS

S.M.Radomsky, V.I.Radomskaya

Благородные металлы (БМ) распространены в природе крайне неравномерно в основном в виде мелкодисперсных металлических, неокисленных частиц. По К.Г.Ведеполю, их природные кларки в земной коре 1–10 мг/т. Благородным металлам присуща геохимическая двойственность поведения. С одной стороны, в окисленных формах они чрезвычайно подвижны, легко мигрируют и рассеиваются, с другой — в восстановленных формах, устойчивы, склонны к минеральной концентрации и многократному переотложению. По физико-химическим свойствам БМ проявляют устойчивость к окислению, склонность к комплексообразованию и восстановлению в любых природных системах, где элементом связи между компонентами является вода и массовые доли отображаются соотношениями:

$$1 \text{ ppb} = 1 \text{ мг/т} = 0,001 \text{ г/т} = 10^{-9} \approx (1-2) \cdot 10^{-10} \text{ моль/дм}^3.$$

Большинство месторождений БМ образовались из горячих гидротермальных растворов. Вода — основной компонент гидротермального флюида — экстрагировала из расплавов магматических пород БМ, концентрации которых достигали $8 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³ при температурах порядка 1700°К и давлении 1000 атм. В продуктивную стадию при остывании гидротермальных растворов формировались мелкодисперсные интерметаллические минералы группы БМ основной размерности 1–5 мкм. При этом концентрации БМ уменьшались до $1 \cdot 10^{-8}$ моль/дм³, а температуры — до 470°К. Заканчивался процесс истощением золотосодержащего флюида и уменьшением его объема. Остаточные БМ расходовались при образовании россыпей. Их концентрации уменьшались до значений, характерных для поверхностных вод — $2,5 \cdot 10^{-10}$ моль/дм³.

Водная миграция является основной для группы БМ. В межень концентрации БМ в стоке составляют 0,01 мг/т, в паводок — 1–3 мг/т, а в донных отложениях — 0,1–20 г/т. Геохимические ореолы рассеивания рудных тел отчетливо проявляются на геохимических барьерах — температурном, окислительно-восстановительном, кислотном-основном, адсорбционном и водно-солевом. Для оценок распределения по ним можно использовать кларк БМ в земной коре или фоновое значение концентраций в природном объекте.

В почвах БМ накапливаются в процессе миграции до концентраций 0,3 г/т.

В биогеохимических компонентах (флоре, фауне, ихтиофауне) БМ концентрируются в соответствии с коэффициентами биологического поглощения, установленными относительно подстилающих почв и имеющими значения 10–30. Это в процессе миграции в ореолах рудных тел приводит к увеличению в золе концентраций БМ в биогеохимических компонентах природной среды до валовых значений БМ 1–20 г/т.

Таким образом, геохимические барьеры БМ связаны с рудным источником, где элементом связи служит вода. Валовые концентрации БМ на них превышают значения кларков в земной коре до 3000 раз, но имеют очень низкую мощность рудопроявления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радомский С.М., Радомская В.И., Матюгина Е.Б., Гусев М.Н. Основные физико-химические параметры состояния поверхностных вод Верхнего Амура // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 1. С. 68–77.
2. Радомский С.М., Радомская В.И. Равновесные параметры процесса окисления благородных металлов // Естественные и технические науки. 2010. № 4. С. 166–170.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ — АЛЬТЕРНАТИВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА КАЗАХСТАНА

М.С.Рафаилович (Институт природных ресурсов ЮГГЕО, Казахстан), rafail@nets.kz

NON-TRADITIONAL ORES AND INDUSTRIAL MINERALS AS ALTERNATIVES OF EXISTING MINERAL BASE OF KAZAKHSTAN

M.S.Rafailovich

Нетрадиционные районы и новые типы месторождений могут составить конкурентоспособную альтернативу минерально-сырьевой базы золота Казахстана. Ее создание предполагает моделирование объектов, разработку информативных критериев прогноза и поисков, перенос информации на новые регионы. Перечислим некоторые нетрадиционные типы сырья и перспективные для их поисков районы Казахстана.

Золото-сульфидный крупнотоннажный прожилково-вкрапленный тип в углеродсодержащих толщах R_3 -V возраста (эталон — Сухой Лог в России, Кумтор в Кыргызстане). Главные критерии прогноза — специализированная вмещающая среда (тектоногравитационные микститы, керит-антракосолит-шунгит-битумоиды, кластогенные золото, пирит и пирротин, сингенетическая специализация на Au, W, As, U, P); зоны смятия, милонитизации, надвиговые структуры, скрытые термальные купола; калишпатизация, березитизация, лиственитизация вмещающих пород; полная эволюция минералообразования; низкие фации метаморфизма. Прогнозируемый район в Казахстане — Володаровская шовная зона в западном борту Кокшетауского срединного массива.

Золото-сульфидно-кварцевый штокверковый тип в интрузивах повышенной щелочности (эталон — Форт-Нокс на Аляске). Условия формирования и критерии прогноза — коллизионная и постколлизионная стадии тектогенеза; мезотермальные глубины; морфоструктурные узлы длительного развития (шовные зоны, купола, кольцевые структуры, надвиги, каркасы разломов, замыкания складок); яркое выражение в геофизических полях (магнитном, силы тяжести, гаммоспектрометрии); многофазные интрузивы гранитоидов повышенной щелочности мантийно-корового происхождения (*I-S* тип); дайковые комплексы с телами аплитов и пегматитов; повышенная и высокая степень метаморфизма вмещающих толщ (амфиболиты, гнейсы, сланцы, скарноиды, роговики); единый спектр гидротермальных изменений (калишпатизация, березитизация, пропилитизация, на некоторых объектах аргиллизация, альбитизация, хлоритизация); зональное строение штокверков (вверху жильные и жильно-прожилковые руды, на средних и нижних горизонтах — прожилковые и вкрапленные); ведущая Au-As-Bi-Te-W-Mo-Cu-U специализация; несколько генераций самородного золота; специфические минералы-индикаторы (висмутин, тетрадимит, шеелит, арсенопирит, молибденит); значительный вертикальный размах — до 0,8–1,5 км. Прогнозируемые золотоносные площади — Ельтай-Туранская и Орловская в Северном Казахстане, Кендыктасская и Щербактинская — в Южном.

Железоокисно-золото-медно-редкометальный крупнообъемный тип на территории Шу-Сарысульской депрессии (Хантау-Таскудукский район). Критерии прогноза — зона смятия пород; парагенезис с коллизионными гранитоидами; контрастные магнитные аномалии и ореолы урана; крупномасштабные метасоматические процессы (скарнирование, березитизация, калишпатизация, пропилитизация); значительные объемы железокислых минералов (магнетит, мушкетовит); золото-халькопирит-магнетитовая и золото-редкометальная (самородное Au, касситерит, молибденит, шеелит) ассоциации.

Комбинированный мезотермально-эпитермальный тип (эталон — месторождение Lepanto-FSE на Филиппинах). Критерии прогноза — вулканотектонические структуры, вулканические жерла, эксплозивные брекчии; контрастная метасоматическая зональность (от K-Si пород и филлизитов до аргиллизитов и вторичных кварцитов); специфический набор минералов (серицит, каолинит, пиррофилит, алунит, диапор, энаргит, люцит, селениды, теллуриды, магнетит, халькопирит и др.); значительные объемы рудной массы. Объекты прогноза — Каргалинская, Кызылтасская, Бесшокинская, Карабас-Борлинская группы массивов серицитовых, алунитовых, каолинитовых кварцитов в Северном Прибалхашье.

ВЫСОКОТОЧНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПРОГНОЗ — ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**Ф.М.Ройзенман (РГГРУ), feliksmr@gmail.com****HIGH-PRECISION QUANTITATIVE PROGNOSIS AS THE EFFICIENCY BASIS OF MINING INDUSTRY****F.M.Roizenman**

В последние десятилетия в результате интенсивных геологоразведочных работ фонд легко открываемых на поверхности месторождений резко сократился, и стала актуальной проблема количественного глубинного прогноза. Для ее решения автором разработана и апробирована на 40 месторождениях для 18 видов твердых и жидких полезных ископаемых (флогопита, мусковита, графита, лития, рубидия, цезия, меди, подземных водоисточников и др.) новая система локального прогноза объектов, базирующаяся на количественных критериях. По новой системе до проведения разведочных работ можно количественно оценить достоверность прогноза на уровне более 80%, а также промышленные параметры оруденения, в том числе на глубине (размеры рудного тела, его запасы, содержание полезного ископаемого, качество минерального сырья). Это дает возможность заранее рассчитывать рентабельность разработки месторождения и, тем самым, решать вопрос о целесообразности его разведки.

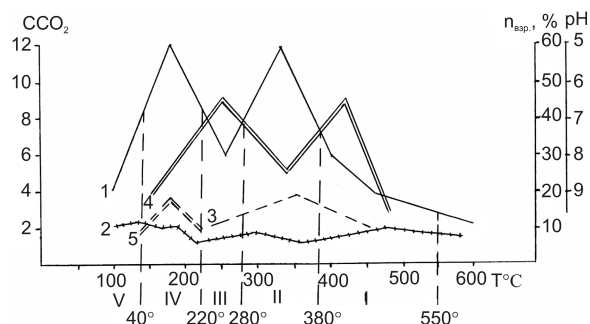
Новая методика позволяет целенаправленно подходить к открытию крупных и богатых месторождений. На эталонных участках определяются количественные зависимости между исследуемыми (геологическими, геохимическими, термобарогеохимическими и др.) и промышленными параметрами. Всего установлено 720 таких количественных связей, по которым построены 44 эталонировочных графика и номограмм. Ведущий поисково-оценочный критерий — геологический, дающий 50–70% поисковой вероятности. Он устанавливается на основе формально-однозначного геологического картирования по методике Б.М.Роненсона. В качестве дополнительных (в зависимости от конкретных условий) применяются геофизический, геохимический, термобарогеохимический и другие критерии. Для достижения уровня достоверности прогноза >80% производилось комплексирование геологического поискового критерия с геофизическим (графитовые месторождения), геохимическим (комплексные редкометалльные пегматиты) или термобарогеохимическим (флогопитовые месторождения) критериями. В результате заверки 76 количественных локальных прогнозов открыто, оценено и разведано 70 промышленных тел для 15 видов твердых и жидких полезных ископаемых с общей стоимостью сырья 17 млрд. дол., в том числе — четыре крупных месторождения мирового значения (самое богатое в мире месторождение высококачественного графита и др.). Из отдельных месторождений добыто сырья на 2,7 млрд. дол. Эффективность геологоразведочных работ на исследованных объектах с применением новой системы прогноза увеличилась в 11–18 раз. Предлагается дальнейшее развитие и массовое внедрение в геологоразведочную практику новой системы количественного прогноза. Это позволит на порядок повысить эффективность горно-геологической отрасли в современных условиях.

НОВАЯ ТЕОРИЯ БОГАТОГО ФЛЮИДНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ «УГЛЕКИСЛОТНОЙ ВОЛНЫ»**Ф.М.Ройзенман (РГГРУ), feliksmr@gmail.com****A NEW THEORY OF RICH MINERALIZATION DEPOSITION FROM A FLUID INFLUENCED BY A «CARBON DIOXIDE WAVE»****F.M.Roizenman**

Существующая уже более 70 лет теория флюидного рудообразования не в состоянии ответить на важнейшие вопросы: условия богатого рудообразования, условия роста крупных кристаллов в природе, обратимость минерало- и рудообразования, скачкообразность рудообразования (чередование в едином процессе «рудных» и «безрудных» интервалов температур), причины кислотно-щелочной эволюции рудообразующих растворов, отсутствие промышленных месторождений в крупных разломах. Это обусловило отсутствие эффективных термобарогеохимических методов поисков и промышленной оценки месторождений. Для решения указанных проблем на основе исследования 30 месторождений 12 полезных иско-

паемых автором разработана новая теория флюидного рудообразования. В результате детальных газовой хроматографических исследований состава газовой-жидкой включений установлено, что при остывании постмагматического раствора от 600 до 100°C концентрация CO_2 (CCO_2) закономерно колебалась с двумя максимумами до 12 моль/кг H_2O при температурах 340 и 180°C (эффект «углекислотной волны»). В связи с сильным влиянием CO_2 на растворимость рудных компонентов «углекислотная волна» при остывании раствора регулировала последовательные процессы кристаллизации, растворения и перекристаллизации (и переотложения) рудных минералов.

Выделяются следующие стадии рудообразования (рисунок): I (600–380°C) — при низких содержаниях CCO_2 (2–4 моль/кг H_2O) кристаллизовались минералы с образованием бедных руд; II (380–280°C) — в связи с резким возрастанием концентраций CCO_2 до 12 моль/кг H_2O растворялись отложенные на предыдущей стадии рудные минералы; III (280–220°C) — снижение количества CCO_2 до 5–6 моль/кг H_2O с повторной



Модель флюидного рудообразования:

1 — график CCO_2 в богатых рудах; 2 — то же, в бедных рудах; 3 — то же, в экспериментальной системе $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$; 4 — график декрепитации, 5 — график «эффекта высаливания»

Разработка теории «углекислотной волны» позволила объяснить указанные выше важнейшие проблемы флюидного рудообразования, а также разработать новые, более эффективные, критерии поисков и промышленной оценки месторождений, позволяющие прогнозировать (в том числе на глубине) все промышленные параметры рудных тел (размеры, содержания полезных компонентов, их запасы, качество минерального сырья).

Разработка теории «углекислотной волны» позволила объяснить указанные выше важнейшие проблемы флюидного рудообразования, а также разработать новые, более эффективные, критерии поисков и промышленной оценки месторождений, позволяющие прогнозировать (в том числе на глубине) все промышленные параметры рудных тел (размеры, содержания полезных компонентов, их запасы, качество минерального сырья).

Использование разработанных критериев прогноза привело к открытию и разведке 19-ти рудных тел десяти полезных ископаемых (флогопита, мусковита, графита, лития, рубидия, цезия и др.). Применение новых поисково-оценочных критериев повысило достоверность прогноза месторождений в 4–8 раз.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРУПНЕЙШЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦЕЗИЕНОСНЫХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ Ф.М.Ройзенман (РГГПУ), feliksmr@gmail.com

PREDICTION OF A LARGE Cs-BEARING PEGMATITE DEPOSIT IN KOLA PENINSULA F.M.Roizenman

В настоящее время существует большой дефицит цезия — потребность в нем в мире превышает его производство в 10 раз. Одна из главных причин — ограниченность сырьевой базы цезия. На одном месторождении Берник-Лейк (Канада) находятся 70% его мировых запасов. В России крупнейшее месторождение цезия Васин-Мыльк в Вороньтундровском рудном поле на Кольском полуострове имеет запасы в 35 раз меньше, чем на Берник-Лейке.

кристаллизацией рудных минералов, но уже в виде богатых (в том числе крупнокристаллических) руд; IV (220–140°C) — второе сильное увеличение содержания CCO_2 (до 12 моль/кг H_2O) с растворением ряда рудных минералов (киновари, аурипигмента и др.); V (<140°C) — очередное снижение концентрации CCO_2 с богатым рудообразованием низкотемпературных минералов. Пик содержания CCO_2 при T 350°C фиксируется в жидкой фазе экспериментальной системы $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ при отсутствии этого пика в системе $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ (Такеноучи, Кеннеди, 1968). В связи с этим автором сделан вывод о том, что богатое рудообразование происходило в закрытых геологических структурах под влиянием «эффекта высаливания» (Ройзенман, 2006).

В целях поисков более крупного месторождения цезия и других редких металлов в Вороньтундровском рудном поле научно-исследовательской экспедицией МГРИ под руководством автора проведены геологическая и геофизическая съемка рудного поля в м-бе 1:10 000 на площади 100 км², детальная геологическая съемка в м-бе 1:2000 промышленных участков, специальные минералого-геохимические, геофизические и термобарогеохимические исследования. В результате выделен участок Прогнозный размером 1200×500 м, на котором на глубине в несколько десятков метров прогнозируется крупнейшее месторождение комплексных цезиеносных редкометальных пегматитов.

Прогноз разработан на основе впервые установленных в данном районе данных:

расчленении стратиграфического разреза полмостундровской свиты с выделением в толще рогово-обманковых амфиболитов маркирующей пачки куммингтонит-роговообманковых амфиболитов;

прослеживании маркирующей пачки с расшифровкой сложной складчатой тектонической структуры в полосе полмостундровской свиты на участке месторождений Васин-Мыльк – Охмыльк;

выявлении тектонического контроля жил комплексных редкометальных пегматитов — их приуроченности к двум системам пологих разрывов в веерообразных антиклиналях;

выделении и картировании в рудном поле формации региональных метасоматитов;

выделении в полосе амфиболитов полмостундровской свиты крупной веерообразной антиклинали с замковой расширенной частью размером 1200×500 м на участке Прогнозный;

картировании на площади участка зон региональных биотитовых метасоматитов и целенаправленном их опробовании с установлением во всех пробах высоких содержаний редких элементов (в частности Cs 0,01–0,11%, что в 17–170 раз больше, чем во вмещающих амфиболитах);

разработки критерия рудной специализации пегматитов по «коэффициенту цезиеносности» (отношению содержаний Cs к сумме содержаний Cs, Rb, Li);

установлении «коэффициента цезиеносности», во всех пробах превышающего 40%, что соответствует комплексным цезиеносным редкометальным пегматитам.

На основе сопоставления данных по месторождениям Васин-Мыльк и Берник-Лейк, а также участку Прогнозный рассчитаны его прогнозные ресурсы, т: Cs₂O 75 000, Li₂O 200 000, Ta₂O₅ 5000, BeO 2400, Rb₂O 2000. Кроме того, прогнозируются крупные промышленные запасы кварцевого и калиевого полевошпатового сырья, а также амфиболитов (сырье для каменного литья, облицовочного камня и др.).

Таким образом, на участке Прогнозный на глубине в несколько десятков метров прогнозируются крупнейшие в мире запасы цезия (40% мировых), а также еще восьми полезных ископаемых. Наличие девяти полезных ископаемых на одном месторождении существенно повышает его промышленно-экономическую ценность. Заметим, что технология обогащения комплексных редкометальных руд месторождения разработана на Ловозерском ГОКе недалеко от Вороньтундровского рудного поля. На нем будет возможно обогащение руд с участка Прогнозный.

МЕТОДИКА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОИСКА И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОРУДЕНЕНИЯ ПО ПОТОКАМ РАССЕЯНИЯ

В.А.Романов (ГЕОХИ СО РАН), romanov@igc.irk.ru

ON THE STREAM SEDIMENT SURVEYS AS A TOOL FOR QUANTITATIVE EVALUATION OF MINERALIZATION

V.A.Romanov

Существующая методика отбора проб, их анализа и количественной оценки оруденения по потокам рассеяния в настоящее время требует кардинального пересмотра. Закрепленные инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений положения, касающиеся потоков рассеяния, устарели. Так, единый по своей сути этот метод разделен на два самостоятельных — литогеохимический и гидро-геохимический. Если в процессе поисковых работ отбираются пробы воды и аллювия, то это считается комплексированием. Причем литопробы рекомендуется подвергать гранулометрической классификации и в ходе предварительных методических работ определять наиболее информативную их фракцию. Как известно, выделение наиболее информативной фракции проводится в целях усиления полезного сигнала и не более. По этому полезному сигналу, как показала практика геохимических съемок за последние 30 лет,

невозможно корректно количественно оценить аномальные площади на рудную минерализацию. Такая оценка невозможна без привлечения математических операций, заключающихся во введении в расчетные формулы различных коэффициентов и поправочных множителей.

Предложены изменения методики, начиная с определения термина «поток рассеяния» [2, 3]. В ранее принятом понятии поток рассеяния увязывался с вторичными ореолами, т.е. с почвами, а «участие» коренных пород сводилось к их роли вместилища оруденения. В действительности же они являются источником рудного материала, который разрушается и выносится водой («...главным агентом дезинтеграции, переноса и отложения вещества в потоке рассеяния является вода...» [4, с. 454]), а почвы рассматриваются как промежуточное образование между ними и водным потоком. Поэтому из одной точки речного потока следует отбирать воду, взвеси и влекомый по дну материал по объему. При этом необходимо замерять сток воды (ее дебит) и количество переносимых ею взвесей на момент опробования. По данным параметрам определяются модули стока воды (г/с с 1 км²), взвесей (кг/с) и ежегодный слой денудации (мм/год). Все пробы анализируются только количественными методами, а оценку выявленных аномалий проводят на 1 м³/год стекающего вещества. При этих расчетах определяется сток элемента в размерности г/с, а величина 1 м³/год определяется как 1 км² речного бассейна, денудированного водотоком, на 0,001 мм/год ($1 \text{ км}^2 \cdot 0,001 \text{ мм/год} = (1 \cdot 10^6 \text{ м}^2) \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ м/год}) = 1 \text{ км}^3/\text{год}$). При проведении количественных расчетов, кроме перечисленных выше параметров, учитываются вклад в поток рассеяния коренных пород, вмещающих оруденение, и объемный вес взвесей.

Продуктивность потока рассеяния как промежуточная величина при количественной оценке не рассчитывается и по ней не определяется перспективность выявленных аномалий.

Вопрос необходимости изменения существующей инструкции при опробовании и количественной оценке потоков рассеяния, кроме автора [3], поднимался Э.Г.Абисаловым [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абисалов Э.Г. Проблемы качества прогнозных оценок, выдаваемых по результатам региональных геохимических поисков // Региональные геохимические работы — основа подготовки площадей для поисков месторождений полезных ископаемых: Тез. докл. III Всероссийской научно-практической конференции по прикладной геохимии. М., 2010. С. 106–107.
2. Романов В.А. Поток рассеяния: сток вещества с суши и водная миграция элементов // Отечественная геология. 2002. № 5–6. С. 46–50.
3. Романов В.А. Потоки рассеяния: теория, методика и практика. Пути дальнейшего развития // Отечественная геология. 2008. № 1. С. 78–82.
4. Справочник по геохимии / Г.В.Войткевич и др. — М.: Недра, 1990.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РУДАХ С КРУПНЫМ СВОБОДНЫМ ЗОЛОТОМ

А.И.Романчук, В.В.Жарков, В.А.Богомоллов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
romanchuk@yandex.ru

ANALYTICAL DETERMINATION OF NOBLE METALS IN ORES CONTAINING COARSE-GRAINED FREE GOLD

A.I.Romanchuk, V.V.Zharkov, V.A.Bogomolov

При разведке месторождений, содержащих свободное золото, встает задача его объективного определения в геологических пробах руд. Наиболее серьезные ошибки возникают при опробовании объектов, содержащих среднее и крупное золото. Поскольку на пробирный анализ поступает только 50–100 г истертого материала, вероятность попадания средних и крупных частиц золота в направляемые на анализ навески снижается. Для достоверного определения содержания золота в таких рудах необходимо увеличить массу навески. Наиболее часто для решения этой проблемы применяют предварительный отсев свободного золота из измельченной руды на ситах с размером ячеек 0,074 или 0,1 мм (ОСТ 48-276-86). Недостатком метода является его трудоемкость, поэтому масса навесок обычно не превышает 300–500 г, что недостаточно для многих типов руд. Кроме того, при массовых анализах трудно полностью исключить возможность «заражения» проб за счет неполной очистки сеток сит.

В ЦНИГРИ разработана и применяется методика определения содержания Au из навесок руд массой >1 кг, основанная на гравитационном выделении свободного золота из измельченных руд. Дробление исходного материала до крупности -2 мм проводится в щековой дробилке «Бойд», что позволяет достичь 90% выхода материала заданной крупности и исключить из схемы подготовки проб операцию грохочения, при выполнении которой возможны потери золота и «заражение» проб. При необходимости сокращения материала после дробления применяется механический конусный делитель. Дробленая руда крупностью -2 мм и массой не менее 4 кг поступает на измельчение в непрерывную кольцевую мельницу, обеспечивающую измельчение руды до 80–90% класса крупности -100 мкм. Концентрирование свободного золота может осуществляться на гравитационных аппаратах различных моделей, конструктивные особенности которых обеспечивают минимальный выход концентрата, оперативную разгрузку продуктов гравитации, доступность деталей оборудования для промывки после обработки каждой пробы, исключение потерь материала в процессе концентрирования, возможность отбора представительной пробы хвостов. В наибольшей степени этому условию отвечает центробежно-прецессионный концентратор «Бегущая волна». Измельченная навеска руды взвешивается, загружается в емкость с механической мешалкой, где перемешивается с водой и непрерывно подается в виде пульпы в чашу концентратора. Хвосты гравитации непрерывно разгружаются по периметру верхней окружности чаши, оборудованной делителем, который обеспечивает отбор пробы хвостов с частотой прецессионных колебаний чаши (140 раз в 1 мин). В результате отбирается представительная навеска, по составу соответствующая среднему составу хвостов. Масса отбираемой пробы составляет 14–15% от общей массы хвостов гравитации. Концентрат и отобранная навеска хвостов гравитации направляются на сушку. После сушки гравитационный концентрат, содержащий частицы свободного золота, взвешивается и направляется на пробирный анализ. По результатам пробирных анализов определяется средневзвешенное содержание Au в концентрате. Хвосты гравитации обезвоживаются, сушатся и взвешиваются. После взвешивания от хвостов гравитации вычерпыванием отбираются пробы для определения содержания Au пробирным анализом. При низком ($<0,5$ г/т) ожидаемом содержании Au в хвостах гравитации применяются комбинированные методы анализа. Расчет содержания Au в руде проводится по балансу его содержания в продуктах концентрирования.

Опыт практического применения рекомендуемой технологической и аппаратурной схемы свидетельствует о возможности ее применения при массовом анализе руд золота и продуктов их обогащения. Использование методики при доразведке Наталкинского месторождения обеспечило подготовку и анализ 4000 геологических проб в месяц.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ В ПАЛЕОДОЛИНАХ

Н.А.Росляков, С.М.Жмодик, Ю.А.Калинин (ИГМ СО РАН), rosl@igm.nsc.ru

USAGE OF INTER-DISCIPLINARY EXPLORATION MODELS OF THE NOBLE METAL DEPOSITS IN PALEO-VALLEYS

N.A.Roslyakov, S.M.Zhmodik, Yu.A.Kalinin

В последнее время экзогенной рудоносности палеодолин уделяется большое внимание. Актуальным представляется создание геолого-генетических моделей инфильтрационных концентраций ряда рудных элементов в осадочных комплексах различного состава и возраста. А.И.Кривцов (1989 г.) подчеркивал, что в модели пластово-инфильтрационной миграции и накопления металлов имеет место непрерывная последовательность отложения, растворения и переотложения компонентов, что ведет к росту концентраций на геохимическом барьере. В этом аспекте для территории Западной и Восточной Сибири важен анализ особенностей формирования такого рода концентраций профилирующих металлов — урана, золота, циркония и титана — в осадочных комплексах, в частности в аллювии палеодолин.

Геолого-генетические модели включают комплексный анализ системы: первоначальный и промежуточный источники рудного вещества — механизмы перехода металлов в миграционное состояние — пути, формы и дальность миграции — геохимические барьеры, масштабы и формы концентрирования.

В рудоносных палеодолинах Сибири установлены четыре основополагающих прогностических критерия: интенсивное проявление процессов мел-палеогенового корообразования, сопровождающихся накоп-

лением остаточных, устойчивых к выветриванию минералов и миграцией в область аккумуляции элементов-примесей неустойчивых к выветриванию породообразующих минералов;

перестройка речной сети с захоронением древних (N–Q_{III}) палеодолин и формирование современной (голоценовой) речной системы. Осадконакопление и россыпеобразование в палеодолинах происходило в неоген-четвертичное время;

пространственная совмещенность погребенных и современных россыпей с наложенным неоглювиальным инфильтрационным оруденением, контролируемым зонами пластового или грунтового окисления. Широкое распространение такого типа погребенных золотоносных россыпей, содержащих значительную долю хемогенно преобразованного золота весьма специфических морфологических форм, установлено в Баунтовском районе Бурятии. В криогенных условиях нижняя граница хемогенных концентраций золота контролируется глубиной активного слоя многолетней мерзлоты;

при наличии в области питания полигенной рудной минерализации в палеодолинах, заложенных на коренных преимущественно палеозойских породах, нередко наследуется гипергенно преобразованное благородно- и редкометальное, редкоземельное и радиоактивное оруденение. В исходных породах и рудах рассматриваемые элементы образуют собственные рудные минералы и входят в состав породообразующих минералов-концентраторов.

Несмотря на различные формы нахождения, все рудообразующие элементы в процессах формирования современного неоглювия ведут себя по одной схеме: остаточные накапливаются в россыпях (золото, циркон, ильменит, монацит) – растворимые переходят в подвижное состояние – мигрируют – создают на геохимических барьерах вторичные концентрации. С изменением уровня грунтовых вод или климатических условий циклы могут многократно повторяться. При благоприятных геологических обстановках в пределах палеодолин совмещаются полигенные минеральные типы кластогенных и хемогенных концентраций. При этом могут формироваться новые типы экзогенно-эпигенетических (инфильтрационных) месторождений урана, золота и, возможно, титан-циркониевые. Близкие по механизмам формирования золото-титан-циркониевые россыпи изучены и описаны в Северном Казахстане (месторождение Аулие).

Выполнено при поддержке РФФИ (проекты 09-05-00622; 10-05-00677; 10-05-01021) и Интеграционных проектов РАН и СО РАН.

ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ W, Mo, Sn, СВЯЗАННЫХ С ГРАНИТОИДАМИ

**В.В.Руднев, М.И.Пахомов, А.И.Макаров, Н.П.Митрофанов, Т.А.Бурова, В.А.Гиль (ВИМС
Роснедра Минприроды России), vims@df.ru**

EXPLORATION MODELS OF GRANITE-RELATED W, Mo, AND Sn DEPOSITS

V.V.Rudnev, M.I.Pakhomov, A.I.Makarov, T.Z.Mitrofanov, T.A.Burova, V.A.Gil

На основе обобщения опыта работ и построения физико-геологических моделей рудных объектов различного иерархического уровня — узел – рудное поле – месторождение – тело — разработаны методические рекомендации по комплексу исследований при поисковых работах на полезные ископаемые генетически родственных рудных формаций. К группе таких рудных формаций относятся рудные объекты Sn, W и Mo, пространственно и генетически связанные с гранитоидами.

С учетом формационной систематики рассмотрена серия физико-геологических моделей, характеризующих объекты ведущих геолого-промышленных типов, и вытекающий из них комплекс геологических, геофизических и прочих критериев и признаков. Сравнительный анализ разнотипного оруденения рассматриваемых полезных ископаемых показывает, что при всем разнообразии минеральных ассоциаций и руд основные особенности локализации оруденения для ведущих рудных формаций — структурные, магматические, литологические очень близки.

Для полезных ископаемых, ассоциированных с гранитоидным магматизмом, характерна их локализация преимущественно в эндо- и экзоконтактных зонах апикальной части плутона независимо от формационной принадлежности и промышленного типа. Концентрации оруденения способствует куполо- или конусообразное строение кровли массива, в то время как уплощенное строение последней приводит к расщеплению оруденения по рудопроявлениям и мелким месторождениям с бедными рудами.

Оруденение очень тесно ассоциирует в пространстве с небольшими интрузивами трещинного типа (дайками), штоками, субвулканическими телами, которые развиты в эндо- и экзоконтактных зонах плутонов. Для разных рудных формаций существенно различен состав рудопроизводящих массивов.

Для рудных объектов рассматриваемых формаций общим является широкое развитие различных метасоматических преобразований пород, набор которых достаточно однотипен, хотя и с определенными вариациями. Пропилитизация, серицитизация, березитизация, окварцевание, скарнирование развиваются в экзоконтактной зоне, грейзенизация, альбитизация, калишпатизация — по гранитам и роговикам. Вся совокупность метасоматитов (дорудных, рудных и пострудных), имея важное поисковое значение, развитая, как правило, на площади, большей, по сравнению с площадью рудного проявления, и поэтому их фиксация существенно повышает достоверность выявления рудных объектов.

При наличии общих предпосылок и факторов по отдельным группам формаций имеются и определенные отличия, обусловленные прежде всего влиянием вмещающей среды на накопление и концентрацию ряда полезных ископаемых.

Специфичность рудных районов подчеркивается, как правило, геохимическими ассоциациями сопутствующих рудных элементов. Обычные и наиболее распространенные элементы-спутники главных полезных компонентов в геохимических ореолах — Cu, Pb, Zn, Bi, избирательно Be, Tl, Nb, F, B и реже — Au, Ag.

Рассмотренные факторы, предпосылки и важнейшие косвенные критерии дают возможность достаточно надежно выделять потенциальные рудные поля и месторождения, образование которых связано с гранитоидным магматизмом, и решать вопрос о формационной принадлежности ожидаемого оруденения.

Предложенные физико-геологические модели рудных объектов различного иерархического уровня и выработанные на их основе рекомендации могут служить практическим руководством в период проектирования и при проведении полевых работ по стадиям.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПРОБОВАНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗБЕКИСТАНА

А.А.Рустамов, В.Я.Зималина (ГП ИМП, Республика Узбекистан)

RELIABILITY OF SAMPLING DATA FROM A GOLD DEPOSIT, UZBEKISTAN

A.A.Rustamov, V.Ya.Zimalina

Как известно, запасы месторождений полезных ископаемых основаны на данных разных видов опробования: бороздовом, керновом, задишковом, горстьевом, валовом и т.д. Золоторудные месторождения Узбекистана обладают высокой степенью изменчивости геологоразведочных параметров, что вносит значительные трудности в выборе оптимальных размеров борозд, диаметра керна и др.

Исследуемый авторами объект расположен на северо-западном окончании Северо-Нуратинского золоторудного узла. В геологическом строении его участвуют породы тасказганской свиты верхнего протерозоя — металавровиты, метапесчаники и кварцево-сланцевые сланцы. В структурном отношении месторождение приурочено к ядерной части антиклиналя. Разрывные нарушения представлены сбросом и взбросом. Жильные породы представлены кварцевыми жилами мощностью от десятков сантиметров до 1–5 м. Протяженность минерализованных зон достигает 1800 м.

В ходе изучения месторождения выделены три природных типа руд: два из них с окисленными и полуокисленными рудами, один — с первичными. Из рудных минералов отмечаются пирит, халькопирит, галенит. Самородное золото встречается редко. В составе третьего типа присутствуют кварц, альбит, серицит, хлорит, апатит, рутил, биотит и др. Главными рудными минералами являются пирит, маркерит, арсенипирит, реже халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит. В окисленных рудах преобладают гетит, лимонитовые охристые скопления, скородит, встречается самородное золото. Месторождение относится к золото-сульфидно-кварцевому промышленному типу. В рудных телах среднее содержание Au составляет 2,0 у.е. при колебаниях от 1,2 до 3,2 у.е.

Изучение пространственной изменчивости параметров оруденения показало крайне неравномерный характер его распределения. Коэффициенты вариации содержаний золота достигают 200–400%. Месторождение относится к четвертой группе сложности для разведки. При таком характере распределе-

ния золота внутри рудных тел оценка средних содержаний как при бурении скважин, так и при проходке горных выработок является трудной задачей, поскольку проба характеризует только себя.

Авторами на месторождении проводились экспериментальные работы по изучению избирательного истирания керна при бурении скважин по методике С.А.Денисова. Одновременно оценивалась достоверность бороздового и кернового видов опробования. С этой целью отбирались крупнообъемные валовые пробы. Сопоставление результатов валового и бороздового опробования показало большую разницу в значениях средних содержаний золота.

Процесс пробоподготовки имеет большое значение. Для месторождений золота известны четыре варианта пробоподготовки: по формуле Ричардса-Чечетта; отсев металла (метод отсева); гравитационное выделение металла; предварительное извлечение металла. В рудах месторождения присутствует крупное (0,1 мм) золото. Неизмельченное золото большей частью не попадает в навески для пробирного анализа и не учитывается при определении содержания. Наиболее полно золото из проб извлекается при четвертом варианте пробоподготовки. В этом варианте золото извлекается гравитацией не из нескольких килограммов дробленой породы, как принято в вариантах 2 и 3, а полностью из всей породы, поступившей на анализ. Именно этот вариант был применен к валовым пробам. По вышеуказанной схеме было обработано пять валовых проб массой 10 кг. Крупные видимые золотины предварительно отсеивались из концентрата.

В ходе эксперимента получены следующие результаты:

Продукты	Содержание, у.е.	
	Au	Ag
гравитационного стола		
Концентрат	7,4	10,8
Промпродукт	0,4	<0,1
то же	1,2	<1
Хвосты	1,0	<1
то же	2	<1

Подготовленные таким способом валовые пробы были сданы на пробирный анализ. Результаты сопоставлены с данными по ранее отобраным бороздовым пробам. Сопоставление показало хорошую сходимость.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Г.В.Ручкин, А.Л.Галямов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), А.И.Иванов (ЗАО «Сибирская геологическая компания»), В.Д.Конкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), tsnigri@tsnigri.ru, ivanov@sibgk.ru

METALLOGENY OF PRECIOUS AND BASE METALS IN THE BLACK SHALE SEQUENCES OF THE BAIKAL-PATOMA PROVINCE

G.V.Ruchkin, A.L.Galyamov, A.I.Ivanov, V.D.Konkin

Байкало-Патомская провинция сформировалась в палеотектонических режимах континентальной окраины Сибирского палеоконтинента и сложена рифей-вендскими толщами, среди которых широко представлены рудоносные черносланцевые формации. Они вмещают крупные стратойдные золоторудные месторождения (Сухой Лог, Высочайшее, Вернинское и др.), промышленные и потенциально промышленные свинцово-цинковые месторождения (Холоднинское, Овгольское, Среднее и др.), а также обладают существенным потенциалом обнаружения новых золоторудных и свинцово-цинковых объектов.

Рудовмещающие черносланцевые толщи — закономерный элемент вертикально-латеральных рядов геологических формаций окраинно-континентального бассейна седиментации докембрийского Сибирского палеоконтинента. Они накапливались в обстановках внутреннего и внешнего шельфов, континентального склона и подножия. По ряду признаков распознаются условия, отвечающие рифтогенным прогибам, барьерным рифовым зонам и палеоподнятиям, задуговым бассейнам.

В вертикальных рядах геологических формаций золоторудная минерализация в промышленных масштабах охватывает значительные мощности разрезов докембрия (суммарно до 7–10 км) и встречается в большинстве углеродистых пачек рифейско-вендского разреза. В верхнем рифее выделяется хомолхино-валюхтинский рудоносный уровень, на котором в обстановках континентального склона накапливаются золотоносные углеродистые осадки, а в рифтогенных структурах переходной зоны шельф — континенталь-

ный склон — углеродистые и карбонатные рифовые отложения, вмещающие свинцово-цинковую и колчеданно-полиметаллическую минерализацию.

Структурно-вещественные обстановки локализации и поисков рассматриваемой минерализации, связанные с литолого-стратиграфическими уровнями, в кембрии — раннем карбоне претерпели разного рода и масштаба трансформации под воздействием коллизионных процессов — складчатости, метаморфизма и гранитообразования с формированием новых комбинированных обстановок размещения месторождений.

В целях металлогенического районирования провинции составлен комплекс вспомогательных карт — специализированных слоев: структурно-формационная основа, слой дистанционной информации, геофизическая и геохимическая основы, слой рудной нагрузки и эндогенной золотоносности, характеризующих геологическую среду и ее рудоносность. Закономерное сочетание благоприятных идентификационных признаков для выделения металлогенических таксонов устанавливается при сочетании этих слоев друг с другом и определении «сквозных» критериев и признаков, проявленных на каждом слое или в большинстве их пространственных комбинаций.

В современном плане на территории провинций выделяются типовые структурно-формационные комплексы, определяющие границы металлогенических зон и рудных районов — сочетание цокольных архей-нижнепротерозойских комплексов и обрамляющих их выходы рудовмещающих формаций; комплексы рифейских углеродсодержащих флишеидных толщ с редкими выступами цоколя, сопровождаемые широким проявлением гранитоидного магматизма; существенное преобладание комплексов терригенных углеродсодержащих формаций при редуцированном проявлении гранитоидного магматизма.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПЕРЕОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ РУДНОГО АЛТАЯ

Г.В.Ручкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), А.И.Зайцев (Управление по недропользованию по Алтайскому краю), В.В.Кузнецов, А.Л.Галямов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), tsnigri@tsnigri.ru

METHODOLOGY OF PREDICTIVE METALLOGENIC STUDIES SUBSTANTIATING RE-EVALUATION OF THE BASE METAL POTENTIAL OF RUDNY ALTAI

G.V.Ruchkin, A.I.Zaitsev, V.V.Kuznetsov, A.L.Galyamov

Поисковые и поисково-оценочные работы, нацеленные на конечный результат — выделение в геологическом пространстве потенциальных месторождений рудноалтайского типа, основаны на принципе последовательного приближения. Поэтапно устанавливаются перспективные металлогенические единицы — таксоны разного ранга, являющиеся объектами прогнозирования и поисков (рудные поля, потенциальные месторождения). Металлогенические таксоны характеризуются следующими элементами-признаками: структурно-формационными, фациальными, литолого-петрографическими, минералого-геохимическими, гидротермально-метасоматическими и геофизическими. Эти элементы вытекают из системы моделей месторождений и являются идентификационными признаками и критериями, позволяющими вычленять из геологического пространства разноранговые перспективные площади (рудные узлы, поля, месторождения).

Прогнозно-металлогенические исследования предусматривают комплексное изучение рудовмещающих вулканогенно-осадочных толщ современными геологическими методами, включающими опережающие геохимические и геофизические работы, обработку материалов дистанционного зондирования, аэро- и наземных геофизических исследований, специализированные геохимические работы по изучению окорудных метасоматитов для выявления обстановок локализации месторождений и на этой основе выделение перспективных площадей с колчеданно-полиметаллическим орудением, находящимся в скрытом, скрыто-перекрытом и перекрытом залегании. Богатый материал предшествующих работ обеспечивает достаточную полноту исследований, а общая схема методологического подхода обуславливает проведение работ в три этапа.

На первом этапе комплексным применением среднемасштабных структурно-формационных, геохимических, космогеологических и геофизических методов в Змеиногорском, Золотушинском и Рубцовском рудных районах подтверждаются и уточняются основные особенности литолого-фациального и структурно-формационного контроля рудных полей с колчеданно-полиметаллическими месторождениями руд-

ноалтайского типа, их геохимическая специализация и отражение в геофизических полях. На основе подготовленного комплекта карт закономерностей размещения и прогноза колчеданно-полиметаллического оруденения м-ба 1:200 000 (структурно-формационная и литолого-фациальная основы, карты гравитационного и магнитного полей, аномальных геохимических полей, космогеологических структур, прогнозно-металлогеническая) выделяются площади детализационных работ м-бов 1:50 000–1:10 000.

На втором этапе опытно-методические работы, включающие петрографо-геохимические и геофизические исследования на ряде известных месторождений в вышеуказанных рудных районах, позволяют детализировать их глубинное строение, особенности литолого-фациального состава рудовмещающих толщ, зональное размещение окколрудных метасоматических изменений, определить характеристические факторы локализации месторождений, выбрать ключевые методы для поисков объектов колчеданно-полиметаллического оруденения в различных геологических обстановках.

На третьем этапе на ряде выбранных площадей детализации на литолого-фациальной и палеоструктурной основах с применением апробированного комплекса геохимических и геофизических методов в м-бах 1:50 000–1:10 000 проводятся исследования для выделения и оконтуривания участков, наиболее перспективных для постановки поисковых работ в целях выявления объектов в ранге потенциальных месторождений и оценки их прогнозных ресурсов.

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ В РОССИИ

А.А.Сабитов, И.И.Зайнуллин, Е.С.Руселик, А.Н.Тетерин (ЦНИИгеолнеруд Роснедра Минприроды России), root@geolnerud.net

POSSIBILITIES FOR REVEALING OF HIGH TECH CLAY MINERAL DEPOSITS IN RUSSIA

A.A.Sabitov, I.I.Zainullin, E.S.Ruselik, and A.N.Teterin

К высокотехнологичному глинистому сырью относятся глины специального назначения (Speciality clays) — белый бентонит, сепиолит, аттапульгит (пальгорскит), сапонит. Они обладают высокими адсорбционными, пластифицирующими, тиксотропными и другими свойствами и используются в технологиях (в том числе нанотехнологиях), предъявляющих к глинистому или иному минеральному веществу особые требования: белый или почти белый цвет, химическая инертность, устойчивость к биологическому разрушению, долговечность (возможность длительного или многократного применения), скользкость (пластичность), высокая термоустойчивость. Такие глины используются в производстве красок, детергентов, тонкой керамики, бумаги, лекарств, парфюмерии, катализаторов (белый бентонит), пластмасс, смазочных материалов, резины, технической керамики, термо- и солестойких буровых растворов (сепиолит и аттапульгит), адсорбентов широкого профиля, удобрений, пестицидов и инсектицидов, кормодобавок (аттапульгит, сапонит), органоглин (сапонит, бентонит). Их мировое производство >4 млн. т ежегодно. Цены колеблются от 100 (аттапульгит) до 1000–1500 дол. (белый бентонит) за 1 т.

Глины специального назначения — сравнительно редкий вид сырья. Их единичные месторождения известны в разных странах: аттапульгита — в США, ЮАР, Испании, Индии, Австралии, на Украине, сепиолита — в Испании, Турции, США, сапонита — в Испании, США, белого бентонита — в США, Греции, Турции, Туркменистане.

В России нет ни одного разведанного месторождения таких глин. Потребности российской экономики удовлетворялись в основном за счет импорта: белого бентонита (для фарфоро-фаянсового и целлюлозно-бумажного производства, нефтехимии) — из Туркменистана (>2,5 тыс. т), аттапульгита (для кормодобавок, нефтехимической промышленности, буровой техники) — из Украины (>10 тыс. т), модифицированных глинопродуктов (для лакокрасочной, масложировой, нефтехимической промышленности) — из Германии, Италии, Чехословакии, Японии (суммарно до 0,5 тыс. т), Грузии (2,5 тыс. т).

Прогнозно-минерагенический анализ территории России позволил установить, что перспективы выявления глин специального назначения связаны с вулканогенно-осадочными угленосными формациями (Сахалинской область — белый бентонит), глинисто-карбонатными формациями (Калужская, Иркутская области — аттапульгит), формациями кор выветривания на сульфатно-карбонатных породах (Якутия — сепиолит), с зонами аргиллизации кимберлитов (Архангельская область — сапонит). В Сахалинской области среди миоценовых отложений на Тихменевском участке выделены пласты белого маложелезистого щелочного бентонита. В Калужской области в нижнекаменноугольных отложениях оценены пла-

сты глин, содержащие >50% палыгорскита, в Иркутской — такие глины выявлены в неогеновых отложениях. Сепиолитовая минерализация обнаружена в верхнекембрийских отложениях Южной Якутии, сапонитовая — среди кимберлитов на алмазных месторождениях Архангельской области.

Открытие и освоение месторождений глин специального назначения будет способствовать развитию высокотехнологичных производств и сокращению импорта.

БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Е.Е.Савари, П.А.Заулочный, Е.А.Кошель (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), romanchuk@yandex.ru

BIOHYDROMETALLURGICAL PROCESSING OF REFRACTORY Au-BEARING CONCENTRATES

E.E.Savari, P.A.Zaulochny, E.A.Koshel

В мировой практике для извлечения золота из упорных золотосодержащих концентратов наиболее прогрессивной считается биогидрометаллургическая технология, характеризующаяся более высокими показателями извлечения благородных металлов, низкими капитальными и эксплуатационными затратами, простотой технологического оборудования, отсутствием высоких температур и давлений, а также экологической безопасностью, поскольку исключает образование токсичных пылегазовыбросов и растворимых мышьяксоодержащих продуктов. Однако по сравнению с альтернативными технологиями (обжиг, автоклавное выщелачивание) биопроцесс более продолжительный — 5 суток и более.

Основной тенденцией развития биогидрометаллургической переработки сульфидных концентратов является использование в процессе биоокисления ассоциации микроорганизмов, состоящей из высокоэффективных штаммов мезофильных и умеренно термофильных бактерий. Это позволяет проводить гибкое регулирование физико-химических параметров процесса, главным образом температурного режима, что способствует повышению кинетики бактериального окисления сульфидов. В результате на 20–25% снижается продолжительность процесса, а также уменьшается содержание в твердых продуктах биоокисления вредных примесей, таких как элементная сера и ее промежуточные соединения, осложняющие последующее сорбционное цианирование.

Выполнены исследования по биогидрометаллургической переработке объединенных сульфидных мышьяксоодержащих гравитационно-флотационных концентратов двух разведываемых месторождений. Объединенный концентрат 1 содержал 170 г/т Au, 20,5% арсенопирита и 61,7% пирита. Содержание Au в концентрате 2 составляло 18 г/т, арсенопирита 6,58%, пирита 7,03%. Золото тонкодисперсное, основная его часть (74,5 и 78,2%) ассоциирована с сульфидами, что обуславливает его упорный характер и низкую эффективность применения процесса цианирования — 21 и 16,3% соответственно.

Многочисленными исследованиями ЦНИГРИ показано, что для эффективной переработки упорных золотосульфидных концентратов необходимо проводить бактериальное выщелачивание в двухстадийном температурном режиме. На первой стадии при T 34–36°C обеспечивается максимальная скорость окисления основного золотосодержащего минерала — арсенопирита, на второй стадии при T 38–42°C увеличивается скорость окисления пирита, элементной серы и ее промежуточных соединений. Для бактериального выщелачивания использовалась ассоциация хемолитотрофных ацидофильных микроорганизмов, состоящая из мезофильных представителей рода *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum* и умеренно термофильных — *Sulfobacillus* и *Ferroplasma*.

В результате биовыщелачивания концентрата 1 в течение 120 ч степень окисления арсенопирита составила 98,17%, пирита — 63,56%. В ходе последующей гидрометаллургической переработки продуктов биоокисления достигнуто высокое извлечение Au — 96,94%. В процессе биоокисления концентрата 2 в течение 96 ч арсенопирит практически полностью окислен (99,1%), а степень окисления пирита составила 73,7%. Дальнейшее сорбционное цианирование позволило извлечь 94,65% Au.

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОМЕТАМОРФИЗИРОВАННЫХ УГЛЕЙ СЕВЕРНОГО ДОНБАССА

В.С.Савчук, Е.А.Кузьменко (ГВУЗ НГУ, Украина), alenka_cg@mail.ru

METHOD OF COMPLEX EVALUATION OF THE LOW-METAMORPHIC COAL USAGE, NORTHERN DONETS BASIN

V.S.Savchuk, E.A.Kuz'menko

Уголь — ценный источник органического сырья, позволяющего получить всю гамму современных нефтехимических продуктов. В структуре мировых запасов на его долю приходится 2/3 углеводородного ископаемого сырья. Помимо прямого сжигания, существуют разнообразные способы переработки угля для получения широкого спектра синтетических и композиционных материалов, жидких, газообразных и обогащенных твердых топлив и ценных химических продуктов. Для определения наиболее рациональных направлений использования угля необходимо изучить состав и качество угольного сырья. Это требует применения совокупности геологических методов. Первоочередное значение приобретает дифференциация признаков, характеризующих состав и качество угля, на главные, второстепенные и вспомогательные.

Поскольку системный подход подразумевает выявление и изучение связей и отношений, а также подчинение частных, локальных задач отдельным подсистем конечной цели, он как нельзя лучше подходит для изучения разнородных критериев состава и качества углей для определения направлений их рационального использования.

Проблема использования угля предусматривает вовлечение широкого круга показателей с применением значительного количества нормативных документов.

Системный подход к комплексному использованию геологических методов изучения состава и качества угля предусматривает создание информационно-аналитической базы данных, которая в полном объеме воссоздала бы весь спектр материалов, необходимых для принятия решений относительно направлений использования угольных запасов.

Автоматизированная база данных достаточно объемна, имеет сложную структуру, которая включает полный комплекс показателей состава и качества углей. Для обеспечения надежного и компактного их хранения, а также своевременной корректировки и возможности быстрого поиска необходимо привлечение современных информационных технологий, которые предоставили бы возможность автоматизировать решение функциональных задач. Проанализировав все аспекты, необходимые для решения таких задач, нами было предложено использование так называемой системы поддержки принятия решений (СППР).

СППР — интерактивная прикладная система, позволяющая использовать данные и модели для идентификации и решения задач. Конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы. СППР — не универсальная система. Ее составляющие варьируют в зависимости от сферы использования. В нашем случае субъектами процесса принятия решений являются пользователь, эксперт и аналитик. Можно выделить следующие компоненты СППР — диалоговый процессор, база знаний, программа решения функциональных задач и монитор. Диалоговый процессор также называют интерфейсом «пользователь–система», он содержит средства для генерации и управления диалогом. База знаний содержит базы данных и моделей, а также правила манипуляции этими данными. Программа решения функциональных задач состоит из блоков анализа проблем и принятия решений, включает универсальный набор процедур принятия решений, а также механизмов их уместной и своевременной активизации. Монитор является координатором взаимодействия всех компонентов СППР и универсален для любых приложений.

С помощью комплекса геологических методов и привлечения современных информационных технологий нами определено и предложено в качестве наиболее рационального использования углей площади Северного Донбасса для получения синтетического жидкого топлива путем их гидрогенизационной переработки.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ю.Г.Сафонов (ИГЕМ РАН), safonov@igem.ru

HYDROTHERMAL ORE DEPOSITS: PROMISING TRENDS IN DEVELOPMENT OF GEOLOGICAL PROGNOSIS AND EXPLORATION PRINCIPLES

Yu.G.Safonov

Развитие научно-методических основ прогнозирования и поисков рудных месторождений как совокупности целевого знания, накопленного в металлогении, геологии рудных месторождений, естественно, зависит от состояния этих областей наук, а также специализированных методологических разработок. В связи с этим длительное время металлогения подразделялась на фундаментальную и прикладную. Общность и специфика этих составляющих была показана А.И.Кривцовым (1985, 1989 и др.), что в итоге привело к становлению методологии прогнозирования и поисков рудных месторождений как основной формы научного обеспечения геологоразведочной отрасли. Методические руководства и пособия, среди которых выделяется серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов», подготовленная коллективом ЦНИГРИ, отвечает и современным запросам отрасли. Не рассматривая в целом развиваемые идеологию моделирования и подходы к проблеме, коснемся некоторых актуальных вопросов и возможных путей их развития. К ним, очевидно, следует отнести: общие характеристики и классификации месторождений; пространственно-металлогенические таксоны и обстановки нахождения месторождений; моделирование.

Материалы по геологии золоторудных и некоторых других месторождений позволяют рассмотреть эти вопросы на конкретном материале и рекомендовать следующее.

Дальнейшее совершенствование классификаций месторождений проводить на двух уровнях: с определением основных геолого-генетических категорий (семейств, формаций) месторождений и выделением типов месторождений, характерных для определенных геодинамических обстановок — региональных геоструктур.

При пространственно-металлогеническом районировании целесообразно сохранить собственно металлогеническую нагрузку в понятиях — зоны, пояса для регионального подразделения, тогда как основные геоструктуры — щиты, кратоны, подвижные складчатые пояса и др. — характеризовать по их общей геохимической специализации (по А.Е.Ферсману).

Выделить в отдельную категорию геохимическую специализацию ураноносных геоструктур. Целевые исследования, проведенные в последнее время (Лаверов, Рундквист, Сафонов, 2011), позволяют рассматривать формирование ураноносных террейнов различного масштаба в аномальном тепловом режиме, поддерживаемом процессом полураспада радиогенных элементов (U, Th, K и др.), начиная со стадии образования их первичных концентраций. Этим объясняются дифференциация магматизма, обычная многометальная специализация как урановорудных террейнов, так и ураноносных площадей без значительных урановых концентраций. В данных обстановках размещаются рудные гиганты U, Cu, Au, Ag и др., а также рядовые месторождения этих и других металлов, нередко с нетрадиционными типами руд.

Моделирование обстановок нахождения месторождений с учетом нетрадиционных считать перспективным направлением в методологии прогнозирования, поисков и оценки месторождений. Эффективность его при принятии вышеизложенных концептуальных представлений будет только возрастать. Развитие геоинформационных систем обеспечения методологии также рассматривается как один из важнейших инструментов такого роста.

Помимо изложенных положений, следует подчеркнуть общую зависимость прогресса в фундаментальной рудной геологии и методологии прогнозирования от усиления степени геологической изученности страны, особенно геохимических исследований, увязанных с металлогеническими.

НОВЫЕ МЕТОДИКИ И ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Г.В.Седельникова, А.И.Романчук, А.В.Мандругин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), gseidelnikova@mail.ru

NEW TECHNIQUES AND METHODS IN ANALYTICAL AND METALLURGICAL STUDIES SUPPORTING GEOLOGICAL EXPLORATION FOR PRECIOUS METALS

G.V.Sedel'nikova, A.I.Romanchuk, A.V.Mandrugin

Лабораторно-аналитическое и технологическое сопровождение является составной частью геолого-разведочных работ на благородные металлы и решает следующие задачи: определение содержания полезного компонента в рудах разведываемых месторождений, изучение их состава, качества и технологических свойств, испытание различных методов переработки и разработка эффективной технологии извлечения благородных металлов из руд.

Снижение качества руд разведываемых месторождений благородных металлов и возрастание роли бедного, убогого, а также труднообогатимого сырья обуславливают необходимость создания новых достоверных методик определения благородных металлов и новых эффективных технологий переработки руд, обеспечивающих высокое извлечение металлов и охрану окружающей среды.

Общепризнанный методом определения содержания Au — пробирный анализ, который учитывает специфику руд благородных металлов и выполняется из навески 30–50 г. Однако при анализе бедного сырья (руды, хвосты их переработки) пробирный анализ не обеспечивает необходимую точность и чувствительность определения содержания Au. Учитывая передовой зарубежный опыт, в ЦНИГРИ разработаны, метрологически аттестованы и широко используются в Аналитическом центре института при массовом анализе геологических и технологических проб комбинированные методики анализа. Они основаны на сочетании методов пробирного концентрирования благородных металлов из представительных навесок 30–50 г с последующим высокочувствительным инструментальным определением Au, Ag и платиновых металлов методами масс-спектрометрии, атомной эмиссии с индуктивно-связанной плазмой, атомной абсорбции и рентгенофлуоресценции.

Для обеспечения вскрытия трудно разлагаемых проб разработан новый метод пробирной плавки с применением высокореакционной щелочной шихты, применяется также метод автоклавного разложения проб. Умелое сочетание прямого пробирного анализа с комбинированными методами и использование стандартных образцов для контроля правильности результатов анализа позволяют надежно выполнять анализ руд благородных металлов разведываемых месторождений.

В целях повышения достоверности определения содержания Au в рудах со свободным золотом разработана и внедрена в практику методика с предварительным гравитационным концентрированием золота из навески не менее 4 кг, основанная на определении содержания металла по балансу продуктов обогащения.

В процессе технологической оценки руд благородных металлов проводятся испытания традиционных методов переработки — гравитационное обогащение (отсадка, центробежная сепарация в концентраторах Нельсона, Фалькона, «Бегущая волна», концентрационных столах и пр.), флотационное обогащение, цианирование, обезвреживание, а также нетрадиционных — фотометрическая сепарация, кучное выщелачивание, бактериальное выщелачивание, предварительная энергетическая обработка с помощью мощных электромагнитных импульсов, ультразвука, магнитно-импульсных воздействий и др.

Для вовлечения в переработку бедных и убогих руд разработана технология их предварительной фотометрической сортировки в аппаратах нового поколения с оптической системой сканирования изображения в монослое руды, движущейся по транспортной ленте со скоростью 3 м/с. Полупромышленные испытания фотометрической сепарации различных типов золотых руд показали возможность выделения 30–70% пустой породы в хвосты и сокращения объема руды, поступающей на дальнейшую переработку, что значительно сократит капитальные и эксплуатационные затраты и позволит вовлечь в переработку крупные месторождения с относительно бедными рудами (Сухой Лог, Наталкинское и др.).

Разработана новая двухстадийная технология бактериального выщелачивания упорных золотосульфидных концентратов с применением ассоциации умеренно термофильных бактерий, которая проверена в непрерывном режиме выщелачивания на ряде упорных концентратов разведываемых месторождений (Кутынское, Змеиное, Попутнинское, Кючусское и др.). Достигнуты высокие показатели по биоокислению золотосодержащих сульфидов и последующему цианированию продуктов биоокисления. Извлечение

Au из упорных концентратов составляет 94–98%. При этом As переводится в экологически безопасную форму — труднорастворимые арсенаты железа, пригодные к складированию в хвостохранилище.

С применением низкоэнергетических методов предварительных энергетических воздействий в процессах флотации, цианирования, кучного выщелачивания и др. разработаны технологии повышения извлечения золота из упорного рудного и техногенного сырья.

Новые методики анализа и эффективные технологии переработки руд благородных металлов используются для обоснования продолжения геологоразведочных работ, подсчета прогнозных ресурсов разведываемых месторождений, ТЭО кондиций, подсчета запасов руд, разработки технологических регламентов на проектирование промышленных предприятий и ТЭО целесообразности освоения месторождений.

ДИСТАНЦИОННЫЙ ПРОГНОЗ РУД В РОССИИ — ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ **Ю.Н.Серокуров (Институт ДПР), udpr@yandex.ru**

REMOTE SENSING IN RUSSIAN MINERAL EXPLORATION: ISSUES AND PERSPECTIVES **Yu.N.Serokurov**

Исчерпание банка легко открываемых месторождений руд стимулировало интенсивное развитие разнообразных дистанционных методов, каждый из которых обладал специфическими свойствами и давал информацию об определенных особенностях геологического строения планеты. Космические изображения планеты серьезно изменили взгляды геологов на структуру земной коры. На поверхности было выявлено множество ранее не известных линейных и кольцевых элементов, формирование которых обусловлено как эндогенными, так и ротационными силами, действующими на планету в целом.

Бурное развитие этого направления в 60–80-е годы прошлого столетия стимулировалось государством. Формировалась система региональных геологических исследований, основанная на использовании дистанционных методов на разных стадиях геологоразведочного процесса. Составлялись обзорные карты геологического содержания для всей страны, обновлялись листы Государственной геологической карты. Оценивались на качественном уровне закономерности размещения различного оруденения относительно выделенных структур, а результаты использовались при анализе новых закономерностей строения земной коры и размещения в связи с ними полезных ископаемых. Основным итогом вовлечения космической информации в металлогенический анализ стал вывод о необходимости выделения ведущего типа структур для каждого масштаба исследований.

Последнее двадцатилетие охарактеризовалось резким снижением интенсивности космических дистанционных исследований в России, что связано с изменением политического строя и экономических приоритетов властей. Отсутствует финансирование научно-исследовательских работ, на базе которых только и возможны региональные исследования и изучение рудных эталонов в различных регионах страны и мира. Новые горнорудные компании заняты эксплуатацией ранее выявленных месторождений и не обладают ни экономическим потенциалом, ни уровнем мышления руководителей, которые заботились бы о развитии отрасли на десятилетия вперед. Эти негативные явления происходят на фоне динамично развивающихся программ изучения природных ресурсов по материалам космических съемок в США, Канаде, Европейском сообществе, Китае, Японии, Индии, Бразилии, Южной Корее и многих других странах. Если немедленно не предпринять энергичных усилий по исправлению ситуации, то Россия обречена и в этой области стать зависимой от иностранных специалистов, как она уже стала зависимой от их космических съемок и средств обработки.

Анализ литературы показывает, что в стране еще существуют немногочисленные коллективы, применяющие материалы дистанционного зондирования для прогноза и поисков различных руд, а следовательно, перспектива развития этого направления еще есть. В целях популяризации данного направления и привлечения к нему внимания приведем примеры оценки перспектив рудоносности трех регионов мира.

Первый пример — дистанционная оценка перспектив золотоносности Восточных Саян, где последовательно на площадях размером в 45 тыс. км², 2,5 тыс. км² и 260 км² оконтурированы участки, перспективные для локализации рудных районов, узлов и полей золото-сульфидно-кварцевого типа.

Второй пример — оценка алмазности Анголы (1 млн. км²) с выделением «районов» кимберлитового магматизма, а также площади Сауримо-Лукапа (5 тыс. км²) с полями кимберлитового магматизма.

Третий пример — оценка перспектив ураноносности Урово-Урюмканской площади в Восточном Забайкалье на уровне рудных узлов и полей молибден-урановой формации.

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ ВНУТРЕННЕЙ ЗОНЫ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНОПЛУТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА

А.А.Сидоров, А.В.Волков (ИГЕМ РАН), А.Д.Чехов (СВКНИИ ДВО РАН),
tma2105@mail.ru, chegov@neisri.ru

METALLOGENIC FEATURES OF THE INNER ZONE OF THE OKHOTSK-CHUKCHI VOLCANOPLUTONIC BELT

A.A.Sidorov, A.V.Volkov, A.D.Chekhov

В последнее время становится все более очевидным, что Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс (ОЧВП) по уровню промышленной золотосереброносности — металлогеническая провинция мирового значения, которая ни в чем, кроме изученности, не уступает ни Андийской, ни Балкано-Карпатской провинциям. Эта гигантская по размерам структурная единица Тихоокеанского рудного пояса протяженностью >3000 км представляет собой единое постаккреционное образование, наложенное на разнородный ансамбль террейнов Верхояно-Чукотских мезозойских аккреция террейнов, завершившаяся в готерив-альбское время, в целом фиксирует становление в регионе новообразованной позднемезозойской континентальной коры, хотя в фундаменте отдельных ее структур развита и более древняя, вплоть до докембрийской, разновидность.

Внутренняя зона ОЧВП образована террейнами периокеанической (окраинно-морской) окраины, аккрецированными к новообразованному мезозойскому континенту в начале альба. Кони-Мургальская группа террейнов с позднего палеозоя (возможно, с венда – раннего палеозоя?) по неокм включительно представляла различные части долгоживущей островодужной системы, которая на последнем этапе развития превратилась в окраинно-континентальную магматическую дугу, т.е. собственно ОЧВП. Металлогенические особенности внутренней зоны определяются преимущественно колчеданными и медно-порфировыми рудно-формационными рядами. Во внутренней зоне ОЧВП к настоящему времени выявлены лишь единичные рудные районы с золото-серебряным оруденением.

Проведенные исследования позволяют представить последовательность развития оруденения внутренней и внешней зон ОЧВП на динамических схемах окраинно-морской литосферы региона (Олюторско-Тайгоносский профиль).

В раннем мелу (готерив – альб) в пределах юрского аккреционного комплекса на Тайгоносском кратоне погруженного типа развивались плутогенные золото-сульфидные (пирит-арсенопиритовые) рудноносные зоны с золото-кварцевыми жилами. Толщи комплекса содержали колчеданные залежи (тип куроко?) и зоны вкрапленных руд серебро(золото-серебро)-сульфидного типа. В пределах базальтово-андезитовой субморской дуги развивались рудные залежи типа куроко, медно(молибден)-порфировые руды с золото-серебряными жильными сателлитами. В пределах офиолитовой обдукции и аккреционных симаунтов были развиты колчеданные руды кипрского типа с протрузиями (?) ультрабазитов с хром-платиноидной минерализацией. В остаточной дуге, по-видимому, сформировались колчеданные и медно-никелевые руды.

В позднем мелу на юрском аккреционном комплексе сформировалась андезит-риолитовая континентальная вулканическая дуга ОЧВП с характерным медно(молибден)-порфировым и жильным золото-серебряным (существенно серебряным и даже олово-серебряным) оруденением. Во внутренней зоне развивались, вероятно, залежи типа куроко и золото-серебряные руды (жильные куроко). В аккреционном комплексе турбидитов образовались медноколчеданные залежи, в ультрабазитах остаточной дуги вероятны медно-никелевая и хром-платиновая минерализация, а также более поздние (палеоген-неогеновые) золото-серебро-теллуридные жилы. Олюторская островная дуга характеризуется, по-видимому, типичными рудными формациями островодужных террейнов.

Во внутренней зоне ОЧВП в отличие от внешней можно ожидать развитие всего многообразия месторождений цветных и благородных металлов, присущего как колчеданно-полиметаллическому, так и медно-порфировому рудно-формационным рядам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы ОНЗ № 2, Программы Президиума РАН № 24, проекта РФФИ (11-05-00006-а).

ГЕОЛОГО-ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ КАК ОСНОВА ИХ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ

Т.Н.Сирина (ВИМС Роснедра Минприроды России), vims@df.ru

ANALYSIS OF GEOLOGICAL EVOLUTION OF REGIONS AS A BASIS THEIR MINERAL POTENTIAL ESTIMATION

T.N.Sirina

Важной основой прогнозной оценки территорий в связи с выявлением различных типов эндогенного оруденения является анализ характера становления и эволюции континентальной коры данного региона с выделением всех этапов и стадий этого процесса, начиная от океанической и до формирования коры калиевого типа. Каждой стадии соответствует определенный набор характерных формаций, что позволяет реконструировать геодинамическую эволюцию тектонических структур и магматизма, в ходе которой функционировали рудообразующие системы различного типа. Выделенные стадии отражают основную направленность процесса формирования коры и могут быть выявлены в «чистом виде» лишь для ограниченной по масштабам «ячейки». На основе анализа отдельных «ячеек» может быть построена геолого-эволюционная модель формирования коры, отражающая закономерно чередующиеся стадии континентализации и океанизации, деструкции и регенерации коры, которые определяют геодинамические условия рудообразования и характер металлогении всего региона. Сопоставление частных моделей позволяет выявить общие закономерности формирования эндогенного оруденения. При этом устанавливается, что каждый вид оруденения и его формационный тип занимают определенную позицию в процессе развития континентальной коры.

Ранние этапы этого процесса не создают рудных концентраций, а определяют лишь геохимическую специализацию региона. Мафический характер образований протокоры обуславливает развитие среди них и в развивающихся на этом основании проторифтогенных структурах значительных, вплоть до крупных, концентраций Fe, Ti, Cr, V, иногда с Р. Благоприятные условия для формирования промышленно значимых рудных объектов связаны с процессами рифтогенеза и участием в них внутримантийного магматизма. С проторифтогенезом раннего этапа связаны редкометальные пегматиты, а второго этапа — редкометальные метасоматиты с ведущей ролью F.

Мафические комплексы протокоры характеризуются отрицательной специализацией на U и Th. Калиевая гранитизация является подготовительным этапом для формирования относительно значимого уранового оруденения. С аллохтонными гранитоидами периода гранитизации связаны мелкие проявления U-Th минерализации, более значимые концентрации U-Mo оруденения сопровождают гранитоиды заключительного этапа калиевой гранитизации. С этими же гранитоидами связаны оловорудные месторождения кварц-касситеритовой формации. Наиболее перспективное оруденение уран-сульфидного, а также касситерит-силикатно-сульфидного типов связано с последующими процессами рифтогенеза и во времени и пространстве тяготеет к малым телам и дайкам основного состава.

В блоках с корой мафического типа на раннем этапе проторифтогенеза формируются щелочные ультрабазиты, карбонатиты и нефелиновые сиениты, сопровождаемые редкометальным оруденением. В процессе калиевой гранитизации редкометальный характер металлогении региона сменяется оловянно-полиметаллическим с участием на ранних этапах развития W. Свойственные сиалическим блокам проявления фторового оруденения сменяются на боровые. Формирование оруденения связано, прежде всего, с процессами рифтогенеза в условиях трансформной окраины. Концентрация золотого оруденения в условиях гранитизации островодужных комплексов приводит к образованию мелких объектов. Крупномасштабное золотое оруденение связано с углеродистыми толщами океанической коры в условиях сдвига-надвига.

Таким образом, геолого-эволюционный анализ территорий позволяет определять геодинамические обстановки, благоприятные для выявления того или иного типа оруденения, а также возможные рудные комплексы и их масштабность. Установленные закономерности проявления условий концентрации рудного элемента дают возможность прогнозировать и новые типы оруденения, характер которых зависит от многих факторов и не всегда может соответствовать уже известным типам.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЗАКРЫТЫХ И ПОЛУЗАКРЫТЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.В.Соколов, Ю.В.Макарова, Ю.Ю.Юрченко (ВСЕГЕИ Роснедра Минприроды России),
[Sergey Sokolov@vsegei.ru](mailto:Sergey.Sokolov@vsegei.ru)

AN INNOVATIVE METHOD OF GEOCHEMICAL DATA-BASED PREDICTION OF MINERAL DEPOSITS IN TOTALLY AND PARTIALLY BLANKETED TERRAINS

S.V.Sokolov, Yu.V.Makarova, Yu.Yu.Yurchenko

На закрытых и полузакрытых территориях с повышенной мощностью четвертичного покрова различного генезиса применение традиционных геохимических методов поисков по открытым (механическим) вторичным ореолам неэффективно. Для более успешного решения прогнозно-поисковых задач в таких условиях используются специальные технологии, ориентированные на выявление наложенных вторичных ореолов по данным изучения специфических безминеральных подвижных или вторично закрепленных (сорбционно-солевых) форм нахождения химических элементов.

Во ВСЕГЕИ разработан новый метод поисков месторождений, перекрытых рыхлыми отложениями повышенной мощности. Это метод анализа сверхтонкой фракции — МАСФ. При проведении работ по технологии МАСФ в модификации по вторичным ореолам опробование производится по контурам болот, заболоченных низин, водотоков и водоемов, т.е. в трансэлювиально-аккумулятивных и аккумулятивных элементарных геохимических ландшафтах и барьерных зонах. Опробованию подвергаются горизонты *B* или *G* почвенного разреза. Глубина отбора проб 0,3–0,6 м, реже до 1,5 м. Масса пробы в зависимости от гранулометрического состава почвенных отложений составляет от 200–300 до 500–600 г. При мелко-, среднемасштабных работах по вторичным ореолам опробование проводится по квадратной сети 10×10, 5×5, 2×2 км и 500×500 м. В ландшафтах слаборасчлененных низкогорий и плоскогорий применяется метод анализа сверхтонкой фракции в модификации по потокам рассеяния (МАСФ-ПР). При этом опробовываются аллювиальные отложения приустьевых частей водотоков низких порядков с бассейнами водосбора, соответствующими масштабу проводимых геохимических работ: при съемке м-ба 1:1 000 000 — около 100 км² (преимущественно водотоки III порядка), 1:500 000 — 25 км² (водотоки II порядка), 1:200 000 — 1,5–7 км² (водотоки I порядка), 1:50 000 — 0,5–2 км² (эрозионные ложбины, мелкие водотоки I порядка). При геохимических поисках м-бов 1:25 000–1:10 000 и крупнее в зависимости от предполагаемой формы ожидаемых рудных объектов может использоваться квадратная (250×250, 100×100 м) или прямоугольная (250×50, 200×40, 100×20 м и т.п.) сеть опробования.

Выделение сверхтонкой фракции производится в лабораторных условиях на разработанной во ВСЕГЕИ высокопроизводительной установке ПВС. Последующий анализ заключается в переводе по специальной методике в раствор сорбционно-солевых форм нахождения элементов и определении их содержаний прецизионными аналитическими методами (ICP, XRF, AAS и др.) с порогом определения ниже кларка в земной коре.

По поисковой информативности метод МАСФ сопоставим с лучшими мировыми аналогами (NAMEG, MOMEO, MMI и др.), но при этом лучше адаптирован к типовым ландшафтам территории Российской Федерации, характеризуется высокой производительностью и оптимальным соотношением цена – качество.

Области применения метода анализа сверхтонкой фракции:

равнинные и слаборасчлененные площади древних щитов и выступов складчатого основания платформ с широким развитием дальнепринесенных рыхлых отложений различного генезиса (в том числе водно-ледниковых) мощностью до 10 м и более (закрытые территории);

широко распространенные на территории России ландшафты слаборасчлененных низкогорий и плоскогорий с повышенной мощностью остаточных рыхлых образований до 3–5 м и более (полузакрытые территории);

открытые территории расчлененных горно-складчатых сооружений, горных массивов древних щитов и выступов складчатого основания платформ, в пределах которых отмечаются участки, перекрытые четвертичными отложениями повышенной мощности;

равнинные ландшафты плитных комплексов древних платформ (закрытые территории).

В настоящее время метод МАСФ применяется в Карело-Кольском регионе, на Дальнем Востоке, в Сибири и на Урале при производстве геохимических работ м-бов от 1:1 000 000 до 1:10 000 как государст-

венными, так и частными предприятиями (ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ОАО «Амургеология», Приморская, Карельская и Полярная экспедиции, ГМК «Норильский никель», УК «Петропавловск», ГПП «Геологическая компания» и др.). За короткий период применения МАСФ в практике геохимических поисков (с 2003 г.) получены первые положительные результаты. Заверены бурением перспективные наложенные ореолы на двух объектах при поисках месторождений цветных и благородных металлов в Карело-Кольском регионе, на Бураковском массиве в Карелии, Кингашской площади в Саянах, Восточно-Челюскинской и Ленинградской площадях на Таймыре, в пределах перспективной площади на Северо-Востоке РФ.

ОПЫТ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ВЕРХНЕМ ПРИАМУРЬЕ

С.В.Соколов, Ю.Ю.Юрченко, А.И.Баранов (ВСЕГЕИ Роснедра Минприроды России),
Sergey_Sokolov@vsegei.ru

EXPLORATION FOR DEEP SEATED GOLD DEPOSITS IN THE UPPER AMUR BASIN AREA

S.V.Sokolov, Yu.Yu.Yurchenko, A.I.Baranov

В последнее время большое внимание уделяется прогнозированию и поискам глубокозалегающих месторождений высоколиквидных полезных ископаемых, перекрытых рыхлыми отложениями повышенной мощности. Особое место в решении этой проблемы занимают геохимические методы по наложенным сорбционно-солевым вторичным ореолам рассеяния, обладающим повышенной глубиной прогноза. К ним относятся МОМЕО (MOBILE forms of METALS in Overburden — мобильные формы металлов в рыхлом покрове), ММИ (Mobile Metal Ion — мобильные ионы металлов), МДИ (Метод Диффузионного Извлечения элементов), МАСФ — Метод Анализа Сверхтонкой Фракции и др.

С применением последнего метода, разработанного во ВСЕГЕИ, авторами проведены опытно-методические работы на нескольких участках Au-Ag месторождения малосульфидного типа в Верхнем Приамурье. Район работ характеризуется сложными ландшафтными условиями для поисков — мощность перекрывающих оруденение рыхлых отложений (белогорская и сазанковская свиты) достигает 100 м и более. Широко развиты также линейно-площадные коры выветривания при полном отсутствии выходов коренных пород.

Основные результаты по проведенным работам следующие.

По данным химического анализа рудных проб (ICP-MS, ЦЛ ВСЕГЕИ) установлено, что главными элементами-спутниками Au на месторождении являются Sb, Ag, As, Hg, Cu, второстепенными — Bi, Pb, Mo. Кроме того, оруденение характеризуется пониженными содержаниями относительно фона Ti, Co, V, Zn, Cr и Ni.

Как на полузакрытых территориях при мощности рыхлых отложений до 10 м, так и на закрытых площадях при мощности рыхлых отложений в десятки метров все известные золоторудные зоны однозначно фиксируются по технологии МАСФ ореолами привноса центростремительных элементов (Au, Ag, Sb, As, Bi, Cu, Hg, Pb, Mo) и ореолами выноса центробежных элементов (Ti, Mn, Zn, Co, Cr, V). Наиболее надежно рудные зоны выделяются по ореолам комплексных геохимических показателей вида TiMnZn, TiVCoCrMnZn (для ореолов выноса) и вида AuAgAsSbCuHg, AuAgAsSbCuHg/TiVCoCrMnZn (для ореолов привноса). Определены граничные значения этих показателей для выделения потенциально золотоносных зон (ранг РМ) и тел (РТ) на полузакрытых и закрытых участках.

По результатам геохимических поисков МАСФ выделены две аномальные геохимические зоны с трехзонным строением (от центра к периферии):

ядерная зона — область концентрации центростремительных (Au, Ag, Bi, Cu, Hg, Pb, Mo, Sb) и деконцентрации центробежных (Cr, Ni, Zn, V, Ti, Co) элементов;

зона обмена, характеризующаяся диаметрально противоположным спектром;

фланговая зона концентрации — область повышенных содержаний центростремительных элементов при субфоновых центробежных.

С использованием ореолов комплексных геохимических показателей геометризованы пять прогнозируемых золотоносных тел, три из которых более контрастно проявлены во вторичных ореолах рассеяния и приурочены к ядерным зонам выше отмеченных зональных геохимических зон. По структурным и концентрационным геохимическим признакам они рассматриваются в качестве наиболее перспективных на выявление концентрированной золоторудной минерализации.

ВИСМУТ В ПОТОКАХ РАССЕЯНИЯ КАК ИНДИКАТОР РУДНОГО ПРОЦЕССА

А.М.Спиридонов, В.А.Романов, В.А.Гнилуша, В.А.Мельников (Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН), sam@igc.irk.ru

BISMUTH IN STREAM SEDIMENTS AS AN INDICATOR OF ORE FORMING PROCESS

A.M.Spiridonov, V.A.Romanov, V.A.Gnilusha, V.A.Mel'nikov

Для геохимического метода поисков месторождений полезных ископаемых по потокам рассеяния первостепенное значение имеют не минеральные формы, в которых находится элемент, а их количество, т.е. чем больше минералов (независимо от их формы), тем выше содержание элемента. С другой стороны, некоторые минералы (например людвигит $(\text{Mg, Fe, Mn})_2(\text{Fe, Al, Sn})\text{BO}_3\text{O}_2$) не имеют промежуточных форм и полностью переходят в раствор, т.е. литогеохимией не фиксируются. Следовательно, в этом случае может быть пропущена площадь, потенциально перспективная на рудную минерализацию (Sn и В). Кроме прямых показателей (высоких содержаний элементов) возможного оруденения, существуют элементы-спутники или индикаторы рудного процесса, к которым может быть отнесен Вi.

Сопутствующая висмутовая минерализация проявлена в рудах практически всех высоко- и среднетемпературных месторождений W, Sn, Mo, Cu, Pb, Au и Co. В зоне гипергенеза минералы висмута переходят в труднорастворимые гидроксиды и основные карбонаты (оксиды, гидроксиды, карбонаты). Иногда они образуют россыпи: константа гипергенной устойчивости висмута [2], самого распространенного из висмутовых минералов, выше, чем у кварца, являющегося репером устойчивости (1,38 против 1,26).

Пробы потоков анализируются обычно приближенно-количественным спектральным методом, поэтому из-за его низкой чувствительности (0,3 г/т при кларке в разнородностях коренных пород от 30 до 90 мг/т) процент обнаружения его значимых содержаний довольно низок. Так, в Джидинском рудном районе по результатам анализов проб потоков рассеяния значимых содержаний Вi выявлено всего 3,5% (из 5000 проб), а в Широкинском — 27,1% (из 6000 проб). Причем подавляющая часть значимых концентраций Вi приурочена к потокам рассеяния от известных рудных объектов: редкометальных в Джиде, полиметаллических редкометальных и золото-полиметаллических — в Широкой.

В Усть-Карском золоторудном районе содержания Вi в потоках рассеяния намного выше, чем в первых двух рудных районах. Связано это с тем, что в минеральных ассоциациях месторождений (Сульфидное, Новинка, Амурская дайка и др. [1]) колебания содержания Вi находятся в пределах от 4–5 до 30 г/т.

Таким образом, в потоках рассеяния от месторождений в этих рудных районах, характеризующихся различной рудной минерализацией — редкометальной, золото-полиметаллической и золоторудной, везде присутствует Вi в аномальных концентрациях. Кроме того, в пределах территорий, картируемых геохимической съемкой по потокам рассеяния, выявлены площади с аномальными содержаниями Вi от неизвестных рудных объектов. Это говорит о наличии в их пределах рудного процесса, т.е. о перспективности на обнаружение оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнилуша В.А., Петровская С.Г. Геохимические особенности основных минеральных ассоциаций одного из рудных полей Восточного Забайкалья // Металлогения и прогноз полезных ископаемых. Мат-лы чтений памяти акад. С.С.Смирнова. Чита, 1986. С. 88–89.
2. Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Отв. ред. Н.П.Лаверов, Н.Г.Патык-Кара. – М.: Научный мир, 1997.

ФЕНОМЕН МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА БАДРАН

В.М.Суплецов (ИГАБМ СО РАН), sb49.bk@mail.ru

BADRAN: A PHENOMENON OF A GOLD DEPOSIT

V.M.Supletsov

Метаморфогенно-гидротермальная Au-кварцевая минерализация в турбидитовых терригенных толщах (Кривцов, 1989) широко распространена в мезозоидах Яно-Колымского пояса и является основным источником россыпей. Традиционным эталоном считалось месторождение золота Бадран, на основе кото-

рого действует известный рудник. Оно спрогнозировано Е.П.Данилогорским в 1957 г. в Оймяконском районе Восточной Якутии. При достаточно полной освещенности в литературе за рамками анализа остался ряд признаков строения месторождения, позволяющих пересмотреть основные факторы золотоносности столь нетрадиционного типа минерализации, ставшей объектом длительной эксплуатации. К открытию рудного узла привели аллювиальные концентрации, известные как наиболее крупные россыпи золота Эльгинского района, из которых Дальстроем по настоящее время извлечено ~14 т Au. По авторской оценке, за истекший период добыто ~15 т рудного Au и ~1,6 т бипродукта Ag. Близкое соответствие добытого Au из россыпей и руд позволяет судить об уровне эрозионного среза, оцениваемом в 0,5–0,7 км.

Месторождение приурочено к выположенному надвику висячего крыла протяженного Мугурдах-Селериканской синформы покровного строения, имеющему юго-западную вергентность. Широтная минерализованная зона образована серией линзовидных кварцевых жил, чередующихся с интервалами прожилково-вкрапленных руд, которые объединяются в шесть рудных столбов. Рудные столбы по простиранию разделяются субдолготными нарушениями, определяющими клавишное строение всей структуры, внутри которой кварцево-жилные тела занимают относительно пониженные интервалы данной зоны. В строении линзующихся жил, именуемых рудными столбами, наряду с полосчатыми и массивными текстурами кварца, обособляется осевая полоса кварцевого катаклазита. К приальбандовым частям полосчатого кварца обычно приурочены типичные минеральные ассоциации с высокопробным золотом, свойственные Au-кварцевому оруденению. Кроме того, спорадически выявляется акантит-фрейбергитовый парагенезис со ртутистым электрумом (Анисимова и др., 1996). Прерывистые прожилки сплошного антимонита занимают поперечные трещины скола в жилах кварца, а кристалломорфные вкрапления киновари отмечаются только в кварцевом катаклазите. На верхних горизонтах встречались катаклазиты, сцементированные гидрослюдисто-каолининовыми агрегатами. Метасоматиты, помимо стандартных березитовых изменений, характеризуются поздними новообразованиями эпидота по основной ткани породы, адуляра и каолинита. Предполагается, что на верхних эшелонах эродированной минерализованной структуры формировалась наиболее обогащенная зона золотоносных кварцевых аргиллизитов, свойственная эпитермальным рудообразующим системам (Сидоров, Югай, 1972; Стружков и др., 2008). Судя по вариациям изотопов С и О кальцитов периферийной латеральной зоны (Амузинский и др., 1989), на глубине 200 м от современной поверхности осуществлялось смешение ювенильных и метеорных флюидов с последующим гипогенным разложением минералов кварцевых руд. Мельчайшие сфероиды и кристаллы электрума часто отмечались среди россыпного самородного Au, оказывая легирующее влияние на его высокую пробу.

По Г.Шнейдерхену (1957), минерализацию Бадрана следует считать вторично-гидротермальным месторождением с выраженными темпоральными изменениями и регенерацией руд, обусловленными наложением мантийного эпитермального Au-Ag оруденения на Au-кварцевые жилы корового происхождения. Активизированные кварцево-жилные зоны играли роль рудных отдушин для геохронологически более поздней Au-Ag минерализации, разрыв между ними — 60–80 млн. лет. Соответственно, необходима комплексная переоценка известных Au-кварцевых месторождений Восточной Якутии, находящихся в перивулканической области Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

БАНК ДАННЫХ «ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА ИНТЕРНЕТ-ДОКУМЕНТОВ ПО РЕСУРСАМ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ (ТГИ)»

А.Б.Тарасов (ВНИГРИуголь Роснедра Минприроды России), ataras@mail.ru

AN ELECTRONIC LIBRARY OF INTERNET DOCUMENTS ON NATURAL FOSSIL FUELS

A.B.Tarasov

Общедоступная информация по угольной тематике различных геологических организаций имеется в интернет-ресурсах. Основными целями банка данных «Электронная библиотека интернет-документов по ресурсам ТГИ» являются:

систематизация и обработка научно-технической информации в области твердых горючих ископаемых для обеспечения более широкого доступа к мировым информационным ресурсам;

эффективное внедрение ресурсов интернет по угольной тематике в сферу научных исследований и геологическую практику;

повышение уровня научных исследований путем более активного использования мирового опыта, особенно с развитием ресурсов интернет.

Банк данных предназначен для создания и ведения личной или корпоративной электронной библиотеки интернет-документов, отобранных из WWW-ресурсов по запросам пользователя. Web-документ обеспечивает накопление и сохранность интересующей пользователя информации в условиях не гарантируемого срока их виртуального присутствия в интернет. Электронная библиотека представляет собой информационно-поисковую систему, включающую базу данных из Web-документов, СУБД, словарей, и обеспечена интерфейсом пользователя. Предусматриваются ввод Web-документов, их предварительная обработка, накопление, хранение, опоискование архива библиотеки по заданным критериям и выдача результатов поиска по запросам. Существуют возможности ведения нескольких архивов, автоматическое создание списка ключевых слов, контекстный поиск. Интерфейс банка данных устроен таким образом, что работу по поиску интересующей пользователя информации обеспечивают удобные интерактивные средства поиска внутри библиотеки.

Банк данных разработан с учетом рубрикатора Государственной автоматизированной системы научнотехнической информации (ГАСНТИ). Информация разбита с учетом тематики твердых горючих ископаемых (ТГИ), которая представляет собой таблицу с разделами, общепринятыми в области угольной геологии.

Основным объектом в электронной библиотеке является Web-документ, переход на который осуществляется по его атрибутивным данным или по контексту содержания. Каждый объект характеризуется электронной карточкой со следующими показателями: адрес в интернет, страна, дата, тематика, ключевые слова, рубрики ГАСНТИ, автор, заглавие, перевод заглавия, организация. По каждому документу приведены показатели, характеризующие основные его особенности и составляющие информационную базу для решения актуальных задач электронной библиотеки. Терминологической основой являются словари терминов показателей. Содержание словарей базируется на терминологических стандартах, инструктивных материалах, справочниках.

Архив Web-документов создается путем поиска и отбора в пространстве интернет-документов по тематике ТГИ. Требуется анализ и содержательная обработка документов. Необходимо периодически сбрасывать отобранные Web-документы в формате Web-страниц в разделы каталога «Тематика». В результате получают систематизированную информацию, удовлетворяющую актуальные информационные потребности в области твердых горючих ископаемых. Количество хранимых в архиве документов ограничено только объемом свободного дискового пространства компьютера.

Отражая стремление института ВНИГРИУголь вывести информационное сопровождение своей деятельности на новый качественный уровень, банк данных «Электронная библиотека интернет-документов по ресурсам ТГИ» благодаря использованию современных интернет-возможностей должен удовлетворить как потребности института, так и запросы геологов-угольщиков на местах.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБСТАНОВОК, БЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МИРОВОГО ОКЕАНА

Б.Д.Углов, О.И.Комарова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России), metallogen@tsnigri.ru

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL TECHNIQUES FOR DELINEATION OF MARINE ENVIRONMENTS PRODUCTIVE FOR MINERAL DEPOSITS

B.D.Uglov, O.I.Komarova

Сформулированы принципы выделения обстановок, благоприятных для формирования рудных образований Мирового океана, выявление которых представляет практический интерес.

Для железомарганцевых образований (ЖМК и КМК) главные рудообразующие факторы — экзогенные. Поэтому основными поисковыми признаками этих образований являются глубины океанского дна (продуктивные батиметрические интервалы), его геоморфологические особенности, мощность рыхлых осадков и характер субстрата. КМК располагаются преимущественно на крутых (>50 м/км) склонах подводных гор и поднятий на твердом субстрате. Они отлагаются в продуктивном интервале ниже слоя кислородного минимума в пределах глубин 500–3500 м. В интервале 500–2000 м формируются КМК очень богатого кобальтового типа с содержанием $Co > 0,8\%$. Ниже (2000–3500 м) размещаются корки богатого кобальтового типа с содержанием Co 0,4–0,8%. ЖМК располагаются в пелагической области океана на равнинных и всхолмленных поверхностях с малой крутизной склонов (<50 м/км) и мощностью рыхлых

осадков порядка 50–200 м в пределах продуктивных батиметрических интервалов, определяемых критической глубиной карбонатакопления. Районирование распространения КМК и ЖМК сводится к выделению обстановок, соответствующих условиям накопления данных видов твердых полезных ископаемых и заключается в комплексном анализе цифровых карт — рельеф океанского дна, крутизна склонов рельефа, мощность рыхлых осадков и осадочного чехла в целом. Принципы металлогенического районирования железомарганцевых образований могут быть сформулированы как геоморфолого-седиментационные.

Главным для процесса формирования глубоководных сульфидных руд (глубоководных полиметаллических сульфидов) в вулканически активных зонах Мирового океана является эндогенный фактор. Он связан с тектоническими особенностями строения океанского дна, вулканизмом, составом и возрастом вмещающих магматитов, интенсивностью осадконакопления, обуславливающими наличие проявлений гидротермальной активности и определяющими тип формирующихся колчеданных руд, состав и геохимический тип колчеданных формаций. Колчеданные руды срединно-океанических хребтов преимущественно цинк-медь-колчеданной формации характерны для рифтовых долин, осевых зон и флангов хребтов со слабым осадконакоплением. Колчеданные руды океанских окраин главным образом колчеданно-полиметаллической и цинк-медь-колчеданной формаций характерны для задуговых рифтов и зон спрединга, а также островных дуг соответственно при интенсивном или слабом осадконакоплении. Колчеданные руды красноморского типа цинк-медь-колчеданной формации присущи ранним этапам раскрытия океанов при накоплении эвапоритов и мощной толщии осадков. Особая группа колчеданных рудопоявлений в пределах океанских плит формируется в связи с внутримплитной тектономагматической активностью. Она может быть отнесена к медноколчеданной формации.

Основная проблема при оценке рудной массы глубоководных колчеданных месторождений, имеющих наибольшее практическое значение, — трудности определения конфигурации и объема рудных тел. Решение этой задачи (помимо глубоководного бурения) возможно при выполнении комплексных придонных геофизических исследований. По результатам измерения естественной электрической поляризации определяют местоположение и контуры рудных тел. Положение их нижней границы устанавливается решением обратной задачи по данным придонной высокоточной магнитной съемки в модификации градиентометрии, поскольку магнитные свойства вмещающих (базальтов) и рудных пород существенно (более чем на два порядка) различаются, что предполагает приуроченность к рудным телам значительных магнитных аномалий.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ПРОПИЛИТИЗИРОВАННЫХ ФЛЮИДАЛЬНЫХ РИОЛИТОВ — ИНДИКАТОРЫ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЕГО ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ДУКАТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ)

Л. Г. Филимонова (ИГЕМ РАН), flg@igem.ru

MINERAL ASSEMBLAGES OF PROPYLITIZED FLUIDAL RHYOLITES AS INDICATORS OF CONCEALED MINERALIZATION AND ITS STYLE (AS EXEMPLIFIED BY DUKAT ORE FIELD)

L.G.Filimonova

Пластовые тела флюидальных риолитов, их субвулканических аналогов, составляющих периферические зоны малых интрузий гранитоидов, широко распространены в пределах Охотско-Чукотского, Сихотэ-Алинского вулканических поясов, во многих внутриконтинентальных рудных провинциях. Особенности геологических позиций, внутреннего строения, минерального состава этих необычных пород говорят о том, что их формирование связано с проявлениями магматической активности зон глубинных разломов при участии флюидов различного происхождения. Существуют многочисленные данные о том, что флюидальные риолиты содержат акцессорные минералы, состав которых не сбалансирован с главными породообразующими минералами и может быть связан с участием разнообразных флюидов в процессах кристаллизации и становления магматических тел.

Исследование условий локализации, химического состава, изотопно-геохимических свойств пропиловых парагенезисов новообразованных минералов флюидальных риолитов Дукатского рудного поля показало, что их отложение обусловлено ритмичным поступлением в толщии пластовых тел предрудных гидротермальных флюидов. В ранние стадии воздействия флюидов на вмещающие пород происходили процессы кислотного выщелачивания и кристаллизация крупных прозрачных призматических кристаллов

кварца, крепящихся своими основаниями на стенках полостей и трещин, служащих подводными каналами. В поздние стадии отлагались минералы пропилитовых парагенезисов, расположенных либо на кристаллах кварца, либо образующих с поздними генерациями минерала взаимные прорастания. Кварц-эпидот-хлоритовые парагенезисы проявлены в блоках внешней зоны рудного поля, кварц-адуляр-хлоритовые, серицит-фуксит-хлоритовые — в блоках, непосредственно прилегающих к блоку с продуктивными рудными телами месторождения Дукаат. Кварц-гранат-хлоритовые парагенезисы наложены на кварц-адуляр-хлоритовые. Указанные пропилитовые парагенезисы содержат метастабильные микро- и наночастицы рудных минералов, которые образуют включения в алюмосиликатах, располагаются в их интерстициях или составляют поздние тонкие минеральные смеси. Полученные в просвечивающем электронном микроскопе изображения частиц рудных минералов малых размерностей, данные об их кристаллической структуре и химическом составе показали, что с минералами группы эпидота ассоциируют пирит, халькопирит, сфалерит, Fe-хлоритом — цинкит, адуляром и слюдами — самородное серебро, акантит, скородит, гранатом — флюорит. Поздние тонкодисперсные минеральные смеси, сопровождающие пропилитовые парагенезисы, кроме микрочастиц кварца и алюмосиликатов, содержат агрегаты наночастиц оксидов марганца, самородного серебра, акантита, цинкита, уранинита.

Сравнение данных о составе и изотопных характеристиках новообразованных гидротермальных минералов флюидальных риолитов и рудных тел месторождения Дукаат показало, что формирование химических составов предрудных и рудообразующих гидротермальных растворов происходило с участием единых источников. Поэтому металлоносные пропилитовые минеральные парагенезисы флюидальных риолитов, распространенные на площади около 15 км², следует рассматривать в качестве прямых, достоверных признаков наличия на глубине гидротермального серебро-полиметаллического и золото-серебряного оруденения. Учитывая то что валовые содержания рудных элементов во флюидальных риолитах не позволяют относить площади их распространения к контрастным геохимическим аномалиям, предлагаемые минералогические критерии оценки рудоносной площади представляются наиболее эффективными и достоверными.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ БОГАТЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА НА ШЕЛЬФЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

И.Б.Флеров (Русская горная компания), О.П.Дундо, Е.А.Гусев (ВНИИОкеангеология Роснедра Минприроды России), В.Л.Сухорослов (ВНИИзарубежгеология Роснедра Минприроды России), ifleurov@yandex.ru

GEOLOGICAL FEATURES OF HIGH-GRADE SHELF PLACERS IN THE CHUKCHI SEA

I.B.Flerov, O.P.Dundo, E.A.Gusev, V.L.Sukhoroslov

На побережьях Чукотского и Берингова морей весьма успешно велась и ведется добыча золота из россыпей, расположенных на континентах: на побережье Аляски — с начала XX в., Чукотки — со второй его половины. На южном побережье п-ова Сьюард добыто более 150 т, на Валькарайской прибрежной низменности Чукотки — >250 т Au. В обоих районах россыпная золотоносность прослежена в акваторию, однако золото добывают здесь только американцы. На побережье о. Врангеля тоже найдено золото, но его ресурсы даже не оценивались, так как там — заповедник. Эти общие данные еще в 70-е годы прошлого века позволили геологам Северо-Востока СССР дать положительную оценку золотоносности акватории. Новая информация о геологии дна акватории, полученная ВНИИОкеангеология в последние годы, вместе с американскими данными позволяет конкретизировать эту оценку.

Шельф Чукотского моря — самый крупный на Земле, он простирается на север почти на 700 км. Поднятие дуги Геральда вытянуто от мыса Лисберн на Аляске до о. Врангеля и далее на запад. В его пределах выделяются два крупных бассейна накопления осадков: Северо-Чукотский — на север от поднятия до уступа континентального склона и Южно-Чукотский — к югу от поднятия до континентов. На данном этапе изученности проблемы более или менее обоснованно можно говорить только об акватории Южно-Чукотского бассейна осадконакопления.

Морское дно здесь — плоская равнина, осложненная серией врезанных в нее палеодолин северо-западного и субмеридионального простираний, являющихся продолжением долин континентов. Плиоцен-четвертичная толща осадочного чехла бассейна с переменной мощностью от нескольких мет-

ров на склонах поднятия Геральда до 10–50 м в палеодолинах несогласно с размывом залегает на поверхности фундамента, сложенного, по-видимому, неоднородными структурами Чукотской складчато-надвиговой системы.

Морфологически выраженное поднятие дуги Геральда как вероятный элемент чукотских мезозойских тектонически представляет собой горст-антиклинорий, в строении которого участвуют толщи докембрийских метаморфических и палеозойских осадочных пород. Поскольку все известные золотоносные узлы Чукотской системы приурочены к горст-антиклинориям и нет ни одной структуры этого типа без россыпей золота, очевидна обоснованность наличия здесь коренных источников питания россыпей. Более того, установлено, что чем древнее породы, выходящие в ядре горст-антиклинориев, тем богаче россыпи. Этот факт уже свидетельствует в пользу вероятного нахождения здесь богатых россыпей золота.

Колебания уровня Мирового океана в кайнозое от отметки -120 м, возникавшие в результате чередования эпох оледенений и межледниковий, и неотектонические движения определили проявления здесь продуктов континентального и морского литогенеза, находящихся в сложных пространственных взаимоотношениях. В эпоху максимального оледенения, когда море покинуло всю территорию, на склонах поднятий в результате эрозии коренных рудопроявлений золота могли образоваться аллювиальные россыпи Au долинного и террасового морфологических типов. Морские трансгрессии, сопровождавшиеся абразионной переработкой подводных склонов поднятий и береговых уступов, — продуценты прибрежно-морских россыпей пляжей и абразионных террас. Благоприятные условия для формирования богатых россыпей золота существовали с конца олигоцена до середины плейстоцена. В настоящее время процессы россыпеобразования продолжаются на современных пляжах и подводном береговом склоне. По данным геохимического опробования, проведенного ВНИИОкеангеология, в голоценовых морских осадках концентрации Au значительно превышают фоновые для арктического шельфа. В акватории Берингова моря донные россыпи разрабатывают драгами до сих пор.

Подводя итоги, подчеркнем, что в регионе, наряду с прямыми признаками, установлены весьма надежные предпосылки эндогенной золотоносности и благоприятные условия для формирования генетически разнотипных и разновозрастных россыпей золота, располагающихся на различных уровнях в осадочном чехле шельфа на подводных склонах поднятий. Их открытие — дело времени.

ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗНАЧИМОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Г.К.Хрусталева, Л.В.Гипич, Г.А.Медведева (ВНИГРИуголь Роснедра Минприроды России)

COMBUSTIBLE SHALES OF EUROPEAN RUSSIA: AN ESTIMATE OF THEIR ECONOMIC SIGNIFICANCE

G.K.Khrustaleva, L.V.Gipich, G.A.Medvedeva

Горючий сланец в ряду твердых каустобиолитов занимает определенное место, обусловленное спецификой генезиса, состава и свойств. Это осадочная органоминеральная порода, содержащая в концентрированной форме (20–70%) преимущественно сапропелевое органическое вещество, в основной массе нерастворимое в органических растворителях, при термической деструкции которого образуется значительное количество смолы (>25 % на ОВ). Горючие сланцы (ГС) — главным образом морские и озерно-лагунные фитопланктониты, образовавшиеся в водоемах с небольшой глубиной при отсутствии материкового стока и в аридном климате. По сравнению с другими твердыми каустобиолитами отличаются повышенной зольностью, высоким выходом жидких и газообразных продуктов при термическом разложении. Ценные свойства ГС обусловлены количеством и составом органического вещества и минеральной составляющей.

В России известно >100 месторождений ГС. Ресурсы их в европейской части составляют >70 млрд. т. В настоящее время сланцы добываются только на Ленинградском месторождении. Для определения критериев оценки потенциальной промышленной значимости сланцевых объектов проведен анализ требований сланцедобывающей и сланцеперерабатывающей промышленности, кондиций для подсчета запасов горючих сланцев, результатов геологоразведочных работ и научных исследований.

Для эксплуатируемых месторождений ГС действовали нормативные документы, регламентирующие показатели их качества для сжигания (низшая теплота сгорания на сухое топливо) и полукоксования (выход смолы полукоксования). Единых технических требований промышленности к качеству ГС не

существует. В России, где эксплуатируются или эксплуатировались месторождения ГС, разработаны технические условия к их качеству для каждого месторождения. Направления и перспективы использования ГС определяются величиной низшей теплоты сгорания, выходом смолы полукоксования, содержанием общей серы, а также химическим составом минеральной составляющей и зависят от применяемых технологий переработки.

Кондиции для подсчета запасов ГС разработаны конкретно для различных месторождений. После утверждения они многократно пересматривались с учетом особенностей геологического строения объекта, существующих технологий добычи и переработки в целях обеспечения наибольшей полноты выемки и упорядочения подсчета запасов угля и горючих сланцев на действующих и строящихся предприятиях, а также при разведке новых месторождений для различных бассейнов.

Исходя из требований промышленности и практики эксплуатации месторождений определены критерии оценки их промышленной значимости: запасы >10 млн. т; глубина залегания сланцевых пластов <100 м (для открытой разработки), до 300 м (для подземной); мощность пласта 0,7 м для волжских; коэффициент вскрыши не более 10 м³/т; низшая теплота сгорания >6,3 МДж/кг; выход смолы полукоксования >6%; содержание общей серы не более 2% (для энергетики).

На основе геолого-промышленного анализа и экспертных оценок разработаны предложения по направлениям геологоразведочных работ на горючие сланцы и определен перечень объектов, перспективных для их постановки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИХ ОПРОБОВАНИЯ

**В.В.Царев, М.Н.Сычева (ОАО «Тулское НИГП»), А.К.Кондрин (ОАО «Берег»),
nigp-tula@mail.ru**

THE GOLD ORE BENEFICATION TECHNIQUES USABLE TO IMPROVE THE ORE SAMPLING RELIABILITY

V.V.Tsarev, M.N.Sycheva, A.K.Kondrin

Цель исследований — определение близких к истинным содержаниям Au в пробах одного из месторождений Хакасии для корректировки средних содержаний, рассчитанных по пробирным анализам рядовых бороздовых и керновых проб.

В процессе полупромышленных и лабораторных испытаний установлено, что содержания Au по данным пробирного анализа занижены в 1,7–2 раза (таблица). Причина такого несоответствия заключается в том, что в этих рудах более 50% Au класса +1 мм, достоверно оценить содержание которого невозможно без предварительного извлечения из проб массой 150–300 кг.

Сводные данные коэффициента достоверности по обработанным пробам

№№ п/п	Прямое определение, г/т	По балансам продуктов цианирования, г/т	Извлечение гравитацией, %	Извлечение цианированием хвостов гравитации, %	Коэффициент достоверности, K_d
1	2,15	2,48	67,78	77,5	1,78
2	0,85	1,05	40,3	72–73	1,94
3	1,36	1,80	23,38	64,3	1,68
4	0,55	0,73	63,58	15,2 (от операции)	2,06

Исследования проб четырех месторождений в условиях непрерывного гравитационного обогащения (измельчение, отсадка, классификация, концентрационный стол) позволили усовершенствовать технологию предварительного извлечения металла. Кроме того, проведены исследования по чановому и кучному выщелачиванию, флотации и прямому цианированию проб. Такой комплекс технологических операций дает возможность осуществить более полное предварительное извлечение золота гравитационными методами с учетом неравномерного измельчения рудных и безрудных компонентов проб.

Коэффициент достоверности достигает высоких значений по рудам с бонанцами, гнездами и крупными выделениями золота, попадание частиц которого в 50 г навески для пробирных анализов маловероятно.

Полученные результаты дают основание для контрольной проверки и переоценки некоторых объектов, отрицательная оценка которых по результатам ранее выполненных разведочных работ вызывает сомнение.

ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКИ ПРИ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ РАБОТАХ — О СТАНДАРТАХ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ПОИСКОВ

В.А.Цыганов (ФГУНПП «Аэрогеология»), vlad@aerogeologia.ru

ENGINEERING DESIGN AND EVALUATION OF GEOLOGICAL EXPLORATION: STANDARDS OF QUALITY AND RELIABILITY OF THE STUDIES

V.A.Tsyganov

Из газеты «Российские Недра» (№ 17–18 от 24.12.2010. С. 10): «По инициативе и при личном участии А.И.Кривцова созданы прогнозно-поисковые комплексы — оптимизированные технологии геологоразведочных работ, основанные на принципах последовательного приближения и соответствия, составляющие гносеологическую и технологическую основы геологоразведочного процесса. Серия этих разработок в 1987 г. удостоена премии Министерства геологии СССР».

Под инженерным проектированием прогнозно-поисковых комплексов (систем) предлагается понимать процесс создания такого технологического регламента по проведению работ на конкретной территории и на заданный вид и тип полезного ископаемого, который на основе специального выделения, анализа, количественного или качественного моделирования всех возможных ограничений проекта (*ошибок, отказов*), максимально учитывая современные научные и технические знания обо всех входящих в проект составляющих (*природа, человек, техника*) и взаимодействие между ними, обеспечивает разработку эффективной последовательности технологических решений, позволяющих для современного уровня знаний *гарантировать не пропуск* заданного объекта поисков с максимально возможными характеристиками качества и надежности.

Под инженерной оценкой геолого-поисковых технологий понимается процесс, который, основываясь на тех же принципах, путем инженерного анализа конкретных проектов, реализованных ранее, реализуемых в настоящее время или планируемых к реализации на будущее, позволяет получить для этих проектов количественные характеристики качества и надежности, выявить малонадежные элементы, оценить достигнутую или возможную полноту вскрытия минерагенического потенциала территорий, целесообразность дальнейших исследований и предложить оптимальные приемы повышения результативности работ.

Разработаны и широко апробированы на практике, прошли многократную экспертизу, поддерживаются МПРИЭ, РОСНЕДРА, ФГУП «Геолэкспертиза» и др. все основные методические положения, на которых основывается анализ качества и надежности геолого-поисковых систем (прогнозно-поисковых комплексов по А.И.Кривцову).

В рамках задач настоящей конференции или путем специального дополнительного обсуждения предлагается:

принять к сведению методические подходы к проектированию, оценке качества и надежности к поисковым технологиям, разработанные на основе теории надежности геолого-поисковых систем;

рекомендовать подготовку на этой базе специальной группы отраслевых стандартов и технологический регламент по проектированию, оценке качества и надежности геолого-поисковых работ;

после всестороннего обсуждения подготовленных документов рассмотреть возможность их утверждения в виде отраслевых стандартов и (или) технологических регламентов для проектирования и оценки качества геолого-поисковых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А.И. К методике оценки результативности и качества геологоразведочных работ // Советская геология. 1986. № 12. С. 21–27.
2. Кривцов А.И., Нарсеев В.А. Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы // Советская геология. 1983. № 1. С. 17–27.
3. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. — М.: Недра, 1994.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ЦЕНТРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА — ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДЕЙ В М-БЕ 1:50 000 К ДЕТАЛЬНЫМ ПОИСКОВЫМ РАБОТАМ

В.А.Цыганов (ФГУНПП «Аэрогеология»), vlad@aerogeologia.ru

PREPARATION OF TERRITORIES FOR DETAILED STUDIES: INNOVATIVE TECHNIQUES FOR THE MINING CENTERS OF ECONOMIC GROWTH

V.A.Tsyganov

Из газеты «Российские Недра» (№ 17–18 от 24.12.2010. С. 10): «В последние годы А.И.Кривцовым был выполнен ряд крупных исследований в сфере системы управления, использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы страны. Вместе с тем... им создан системный мониторинг мировых минерально-сырьевых баз, ...концепция актуализации стадийности ГРП на твердые полезные ископаемые...».

Для минерально-сырьевых центров экономического роста в качестве инновационной предлагается использовать технологию «Прогнозно-минерагеническая подготовка площадей в м-бе 1:50 000 к детальным поисковым работам на основе интерпретации наработанных ранее геологических и материалов новых аэрогеофизических, дистанционных и геохимических технологий». Обычно для таких территорий характерны:

очевидные перспективы на обнаружение ряда геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых;

отсутствие кондиционной геологической основы м-ба 1:50 000, а местами и м-ба 1:200 000, необходимой для проведения поисковых работ на малоконтрастные поисковые объекты;

наличие материалов или возможность проведения современных высокоточных комплексных аэрогеофизических съемок м-ба 1:50 000 и более детальных.

Предпосылками применения технологии можно рассматривать два тезиса:

1. Об исчерпанности фонда коренных выходов для большей части регионов уже при проведении работ в м-бе 1:200 000.

2. О весьма высоком качестве и детальности современных аэрогеофизических и дистанционных съемок, практически не используемых в прогнозно-поисковых моделях.

В соответствии с первым тезисом представляется возможным констатировать, что основной объем геологической информации о коренных выходах (вещественный состав, элементы залегания) по территории геологической съемки м-ба 1:50 000 собирается еще при геологической съемке м-ба 1:200 000. При дальнейшем сгущении маршрутов до м-ба 1:50 000 без значительных объемов горно-буровых работ принципиального увеличения объема информации о коренных породах обычно не происходит. Второй тезис о весьма высоком качестве и детальности современных аэрогеофизических и дистанционных съемок, практически не используемых в интерпретационных моделях, на наш взгляд, показывает направление выхода из создавшегося положения.

Современные аэрогеофизические и космо-аэрофотометоды по своей комплексности, точности, глубинности позволяют на больших площадях проводить изучение разреза горных пород на геохимическом, минералогическом, петрографическом, формационном и тектоническом уровнях организации вещества в широком масштабном и глубинном диапазоне. В результате удается получать трехмерные вещественно-петрофизические модели высокой детальности и компонентности. Современные технологии геологической интерпретации аэроданных с учетом всего наработанного до этого фактического геологического материала, в свою очередь, позволяют переходить к статическим геологическим моделям, а далее к их ретроспективной, динамической и прогнозной интерпретации.

КАРТЫ ПОЛНОТЫ ВСКРЫТИЯ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В КОМПЛЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ М-БОВ 1:1 000 000, 1:200 000

В.А.Цыганов (ФГУНПП «Аэрогеология»), vlad@aerogeologia.ru

MAPS PORTRAYING COMPLETENESS OF THE KNOWLEDGE ON THE MINERAGENIC POTENTIAL: POSSIBILITIES TO BE INCLUDED INTO A SET OF THE STATE GEOLOGICAL MAPS ON SCALES 1:1 000 000–1:200 000

V.A.Tsyganov

Из газеты «Российские Недра» (№ 17–18 от 24.12.2010. С. 10): «А.И.Кривцовым совместно с ведущими учеными страны были разработаны «Методические руководства по оценке прогнозных ресурсов», три издания которых стали научной основой формирования минерально-сырьевой базы СССР и широко используются ныне в РФ и странах СНГ».

Комплекты государственных геологических карт м-бов 1:1 000 000 и 1:200 000 включают достаточно полную картографическую информацию по изученности, геологическому строению, полезным ископаемым, геофизическим полям и другим данным. Однако эти данные, представленные в виде отдельных карт, на наш взгляд, недостаточно характеризуют минерагенический потенциал территорий, так как количественно не связывают уже обнаруженные факты или признаки рудоносности с материалами по ландшафтно-геологическим условиям поисков территорий и фактическими сведениями об их опоисковании. В то время как такая связь представляется очевидной [1].

При традиционном подходе к количественным минерагеническим оценкам по конкретным территориям предположения о возможных пропусках месторождений, хотя и не исключаются, но количественно не учитываются. Все получаемые оценки запасов и ресурсов разных категорий часто рассматриваются как достаточно достоверные.

Для объективной количественной оценки полноты фактического минерально-сырьевого потенциала территорий, помимо данных об оцененных ресурсах и запасах, необходимо оценивать также качество и надежность проведенных ранее геолого-поисковых работ. Качество работ [2] оценивается через среднее значение вероятности не пропуска объектов поисков для реализованной прогнозно-поисковой технологии ($P_{обн}$), а надежность — как способность сохранять это качество на всю площадь рудоперспективной территории ($P_{обн}$). Тогда зная даже примерное значение первого параметра для технологии, реализованной в пределах конкретной территории на конкретный вид минерального сырья, и оценки обнаруженных здесь прогнозных ресурсов и запасов (в сумме $M_{обн}$) можно оценить и остаточные (необнаруженные) ресурсы территории ($M_{ост}$) из простого выражения:

$$M_{ост} = \frac{M_{обн}}{P_{обн}} - M_{обн}.$$

Эти оценки можно получить как для территории в целом, так и для отдельных ее фрагментов на наиболее важные для региона виды минерального сырья с построением карты (карт) полноты вскрытия минерально-сырьевого потенциала территорий. Практически все необходимые для этого данные уже имеются в комплекте картографических материалов, включенных в состав главных государственных геологических документов.

В свете изложенного предлагается разработать необходимые методические документы по составлению карт оценки полноты вскрытия минерагенического потенциала территорий на перспективные полезные ископаемые и включить эти карты в комплект графических материалов Госгеолкарты 1000 и 200. Технология построения такого рода карт впервые разработана в нашей стране и может рассматриваться как инновационная.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А.И. К методике оценки результативности и качества геологоразведочных работ // Советская геология. 1986. № 12. С. 21–27.
2. Цыганов В.А. Надежность геолого-поисковых систем. — М.: Недра, 1994.

РАЙОНЫ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ — ТРАДИЦИОННЫЕ ЦЕНТРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА ТЕРРИТОРИЙ

В.А.Цыганов (ФГУНПП «Аэрогеология»), vlad@aerogeologia.ru

BROWNFIELDS AS TRADITIONAL ECONOMIC GROWTH CENTERS

V.A.Tsyganov

Из газеты «Российские Недра» (№ 17–18 от 24.12.2010. С. 10): «Под руководством А.И.Кривцова и при его личном участии созданы стратегические программы развития минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России..., Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья».

Выполненные в различные годы исследования по оценке качества и надежности геолого-поисковых работ в районах действующих горнодобывающих предприятий показали, что минерально-сырьевой потенциал этих территорий далеко не исчерпан. Для таких районов характерна совершенно иная модель проведения поисков.

Основные характеристики	Новый район	Район действующего предприятия
Экономические условия	Необходимо строительство всех составляющих ГОКов	Значительная часть составляющих построена и затраты возмещены
Геолого-экономическая задача	Обнаружение скоплений полезного ископаемого, достаточных для обоснования строительства, рентабельного на длительный период горнодобывающего предприятия	Обеспечение действующего предприятия дополнительными запасами для продления срока рентабельного существования
Размеры объектов	Крупные и весьма крупные	Средние и мелкие
То же, по индикационным параметрам	Контрастные и весьма контрастные	Средне и малоконтрастные
Условия поисков	Относительно более благоприятные	Относительно менее благоприятные
Соотношение роли поисковых признаков и предпосылок при обнаружении месторождений	Ведущая роль поисковых признаков, предпосылки для конкретных районов, особенно локальные и узколокальные не разработаны или разработаны слабо	Ведущая роль поисковых предпосылок, поисковые признаки используются с выделением малоконтрастных аномалий в зависимости от наличия поисковых предпосылок
Основная схема методики поисков	Сокращенная с элементами стадийной по объектам-индикаторам	Стадийная с элементами сокращенной
Используемая прогностно-поисковая модель объекта	Типовая, усредненная модель поисковых объектов и вмещающей их ландшафтно-геологической среды	Модели обнаружения единичных нетипичных объектов на единичных локальных участках
Методы планирования и оценки эффективности работ	Традиционные вероятностно-статистические алгоритмы	Алгоритмы, оценивающие надежность геолого-поисковых работ на объекты остаточной совокупности
Удовлетворительное решение задачи	Достигается при обнаружении отдельных достаточно крупных объектов	Достигается при обнаружении большей части из всех объектов остаточной совокупности

Использование такой модели при поисках кардинально меняет результативность работ и позволяет существенно улучшить минерально-сырьевую базу регионов [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыганов В.А. Остаточные прогнозные ресурсы районов действующих алмазодобывающих предприятий Якутии и основные проблемы их промышленного освоения // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж, 2003. С. 553–558.
2. Цыганов В.А. Качество проведенных геолого-поисковых работ и оценка остаточных прогнозных ресурсов территорий действующих золотодобывающих предприятий (на примере Au-Ag месторождения Карамкен, Магаданская область) // Золото и технологии. № 1. 2010.

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕТРОГРАФО-МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПОИСКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ ВЕРСИЯ)

В.Б.Чекваидзе, С.А.Миляев, И.З.Исакович (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
metallorgen@tsnigri.ru

A COMBINED PETROLOGIC AND GEOCHEMICAL GOLD EXPLORATION TECHNIQUE (AN ACTUALIZED VERSION)

V.B.Chekvaizde, S.A.Milyaev, I.Z.Isakovich

Методика основана на комплексном анализе околорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов как на эндогенном уровне, так и в зоне гипергенеза. Ее преимуществом является возможность суммирования «поисковых вкладов» трех независимых групп критериев, разрабатываемых соответственно на породном, минеральном и элементном уровнях с существенным повышением достоверности прогнозных оценок. Параметры петрографических, минералогических и геохимических ореолов должны удовлетворять требованию высокой поисковой информативности и возможности построения на их основе поисковых эндогенных и экзогенных моделей рудных объектов.

Параметрами околорудных метасоматических ореолов служат формационный тип, минеральный состав главных породообразующих ассоциаций, стадийность, латеральная и вертикальная зональность, особенности проявления объектов разного масштаба. Минералогических — характеристики нерудных образований и разнообразных проявлений рудной минерализации (ведущие — минеральный состав, стадийность минералообразования, текстурно-структурные особенности минеральных агрегатов, кристалло-морфологические особенности отдельных минералов, различные типоморфные характеристики минералов, включая цветовую гамму, вариации в содержании компонентов и др.). Геохимических — элементный состав, коэффициенты формационной принадлежности, геохимические показатели зональности, линейные и площадные продуктивности ореолов.

В зоне гипергенеза практически ценными индикаторами нижележащего коренного оруденения служат ионно-потенциометрические аномалии. По их набору можно осуществлять прогноз ожидаемого типа оруденения. Так, для объектов золото-углеродистого формационного ряда характерны аномалии pH и Eh, для вулканогенных золото-серебряных месторождений — аномалии NH_4^+ в сочетании с K^+ и Na^+ , для плутоногенных, в частности золото-порфировых объектов, — те же компоненты, но с заметно пониженными концентрациями аммония и повышенными ионов щелочных элементов.

Новый элемент петрографо-минералого-геохимической методики поисков золоторудных месторождений — выявление тесной связи дорудной и синрудной стадий метасоматоза с процессами миграции сидерофильных элементов. При поисках скрытого оруденения отрицательные аномалии сидерофильных элементов являются индикаторами рудо локализирующих структур, особенно в сочетании с положительными ореолами рудогенных элементов. Вулканогенным золото-серебряным месторождениям свойственны широкие зоны выноса элементов семейства железа в связи прогрессирующим нарастанием кислотности растворов при их приближении к дневной поверхности. Положительные аномалии сидерофильных элементов на объектах золото-полисульфидной, золото-кварцевой и золото-мышьяково-сульфидной формаций могут указывать на близко расположенные (сотни метров) по латерали рудоносные зоны метасоматитов, с одной стороны, и на возможное залегание руд на глубине, с другой. В последнем случае ореолы сидерофильных элементов совмещаются с метасоматическими зонами осаждения петрогенных компонентов, выщелоченных из пород на уровне кислотного выщелачивания (березитизации), что позволяет более уверенно идентифицировать их как надрудные образования.

Ландшафтные и геологические обстановки определяют различные модификации предлагаемой методики как в отношении сети опробования, так и набора привлекаемых диагностических методов.

ИТЕРАЦИОННОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

М.Ю.Черненко (ОАО «Южгеология»), chernenko-misha@mail.ru

ITERATIVE GEOCHEMICAL MODELING OF GEOLOGICAL OBJECTS

M.Yu.Chernenko

Исследовательский поиск оптимальной классификационной процедуры в рамках геологических работ проводится в условиях как определенности, так и неопределенности. Это обязывает параллельно использовать математический аппарат в случаях контролируемого и неконтролируемого обучения. Неконтролируемое обучение относится к методам, которые предварительно не делают предположений о классах объектов. В контролируемом априорное знание о принадлежности к определенным классам членов совокупности объектов используется для разработки классификационного правила. Само моделирование геологических процессов или объектов представляет собой итерационный процесс. Сначала по традиционной схеме факторного анализа определяются первичные параметры модели. Анализ производится с учетом качественных геологических данных. При выявлении закономерностей, характеризующих геологические объекты или процессы, анализируется информативность признаков в главных компонентах, где квадраты факторных нагрузок признаков являются величинами, показывающими степень участия данной переменной от ее общей изменчивости, и, следовательно, информативность в тех геологических процессах, которые описываются полученными главными компонентами в исходном многомерном пространстве геохимических признаков. После отбраковки неинформативных признаков повторяется процедура вычислений.

Опыт показывает, что при геологической интерпретации результатов математической обработки исследователь сталкивается с тремя видами наблюдаемой изменчивости природных объектов — непрерывной, дискретной и дискретно-непрерывной. Часты случаи, когда собственные векторы являются моделирующими, но не дискриминирующими, т.е. невозможно однозначно выделить однородное геологическое образование. После выявления или подтверждения описанных видов изменчивости и тщательной геологической интерпретации результатов вычислений опять возвращаемся к оценке исходных переменных. Решаем проблему выбора оптимальной совокупности статистически достоверных признаков для окончательного оформления классификационной геологической задачи (модели).

В ходе следующей итерации, имея базис геологической модели и статистически оцененные типоморфные признаки, снова обращаемся к процедуре факторного анализа. После цикла вычислений с привлечением только статистически значимых признаков анализ полученных данных (компонентной диаграммы дискриминированных геологических образований, группировки признаков на диаграмме факторных нагрузок переменных на главные компоненты и графиков значений главных компонент в точках наблюдения) обычно дает хорошие результаты и помогает детализировать исходные предположения.

Таким образом, по комплексу участвующих в обработке геохимических, рудно-минералофизических, кристаллографических, декриптографических и других признаков, многие из которых имеют косвенный характер при первичной интерпретации геологических процессов, можно путем последовательного приближения получить достаточно объективную картину, отражающую особенности изучаемого геологического объекта или процесса.

Апробация предлагаемого подхода произведена на золоторудных и полигенных золотоносных колчеданных месторождениях Южного Урала и благороднометалльных объектах Восточного Донбасса.

ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА РОССЫПИ Р. ЧАЙ-ЮРЬЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СВЯЗИ ЕЕ С КОРЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

С.В.Яблокова, Г.М.Бисиркина, Н.Н.Позднякова (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России),
vosp@tsnigri.ru

TYPE FEATURES OF NATIVE GOLD AS INDICATIONS OF ITS PROVENANCE (THE CHAI-YUR'YA VALLEY PLACER CASE HISTORY)

S.V.Yablokova, G.M.Bisirkina, N.N.Pozdnyakova

Область питания уникальной по продуктивности (>300 т) россыпи Яно-Колымского золотоносного пояса р. Чай-Юрья в структурном плане приурочена к глубинному разлому, разделяющему Инъяли-Дебинский мегасинклинорий и Аян-Юрхский антиклинорий. В непосредственной близости от области питания располагается нескрытая интрузия, фиксируемая по ореолам ороговикования пород и геофизическим аномалиям. В результате многократных поисков и разведки коренных источников большинство исследователей пришли к выводу о бесперспективности поисков золоторудного месторождения в связи с их полным эрозионным срезом.

Авторы в течение десяти полевых сезонов исследовали самородное золото, извлеченное при эксплуатационных работах, проводимых по протяжению всей россыпи (24 км). Выявлены различные морфологические разновидности золота. Золото из окварцованных даек представлено пластинчатыми и комковидными выделениями с ячеистой поверхностью типа «письменного камня», а также в той или иной степени ограненными октаэдрами, кубоктаэдрами, ромбододекаэдрами, их сростками. Кристаллы чаще встречаются в правой части россыпи и в россыпи руч. Власыч, составляя до 80% в классе -5+2 мм. Для золота из зон прожилкового оквацевания характерны жилковидно-пластинчатые формы с многочисленными ксеноморфными выступами и массивные неправильные комковидные и губчатые выделения. Поверхность этих золотинок неровная занозистая, тонкоячеистая. В зоне насыщения в крупных классах такое золото составляет до 50%, особенно много его в левой части россыпи.

Гранулометрический анализ золота подтверждает известные факты о преобладании в головной части россыпи крупного +5 мм золота и самородков, а также существование трех струй — правой, центральной и левой, крупность в которых уменьшается от правого борта к левому. По данным авторов установлено, что левая струя также содержит значительное количество крупного золота. Изменение крупности золота по ширине россыпи согласуется со степенью его окатанности. В целом в головной части россыпи р. Чай-Юрья преобладает слабо- и полуокатанное золото, хотя встречается и хорошо окатанное. Более высокая степень окатанности наблюдается в правобортовой части, слабая окатанность — в левобортовой. Различие по окатанности и крупности золота разных струй указывает на более позднее поступление золота из коренных источников в левую прибортовую часть долины. Подтверждением этому служит также интенсивность гипергенных изменений золота, которая фиксируется по толщине высокопробных оболочек, выявляемых при структурном травлении золотинок. В россыпи р. Чай-Юрья высокопробные оболочки развиты фрагментарно, толщина их не превышает сотых долей миллиметра, и они встречаются в золотилах хвостовой части россыпей и на окатанном золоте правой струи, что свидетельствует о его более раннем поступлении.

При детальном анализе элементов-примесей в самородном золоте методом ICP-MS проведена сравнительная оценка уровней эрозионного среза для право- и левобортовой частей россыпи. Оказалось, что по показателю геохимической зональности Hg/W наибольший уровень среза характерен для золота правой струи, наименьший — для левой.

Таким образом, анализ типоморфных признаков самородного золота россыпи р. Чай-Юрья позволяет рассматривать левобортовую часть россыпи с преимущественным развитием жильно-прожилковых зон в осадочных породах как наиболее сохранившуюся и перспективную для поисков промышленных коренных месторождений.

Авторский указатель

- Абрамсон Г.Я. 115
 Августинчик И.А. 5
 Авилова О.В. 6
 Агеев Ю.Л. 72
 Агibalов О.А. 70
 Акимов Г.Ю. 7
 Аксенов Е.М. 8
 Александрова А.Е. 104
 Алексеев Я.В. 9
 Ананьев А.А. 138
 Ананьев В.В. 11
 Андреев А.В. 6, 10
 Андреев В.И. 11
 Анненкова Т.Е. 11, 27
 Ануфриева С.И. 12
 Арифулов Ч.Х. 13, 14
 Арсентьева И.В. 13
 Архипов Г.И. 15
 Арютина В.П. 19
 Ахманов Г.Г. 8, 16
- Баранов А.И.** 160
 Барышев А.Н. 17
 Баталин Ю.В. 19
 Бахтерев В.В. 18
 Беляев Е.В. 19
 Березкин В.И. 96
 Бессмертный С.Ф. 21
 Бисиркина Г.М. 174
 Бобков А.И. 22
 Боброва Е.М. 23
 Богомолов В.А. 57, 145
 Богущ И.И. 24
 Бойко П.С. 25
 Борисенко А.С. 80
 Бочнева А.А. 25
 Бударина Т.В. 26
 Бурова Т.А. 147
- Ваганов В.И.** 40
 Валитов Н.Б. 19
 Варганян С.С. 27, 28, 29
 Васильев И.Д. 74
 Васюта Ю.В. 101
 Васянов Г.П. 30, 46
 Вахрушев А.М. 31
 Ведяева И.В. 38
 Виленкина Ю.В. 101
 Виницкий А.Е. 113
 Вихтер Б.Я. 32
 Вишняков А.К. 19
 Владыкин А.Ю. 84
 Волков А.В. 34, 157
 Волков А.Е. 62
 Володькова Т.В. 34
 Волчков А.Г. 28, 29, 35
 Вольфсон И.Ф. 36
- Галямов А.Л.** 72, 103, 105, 149, 150
 Гиль В.А. 147
 Гипич Л.В. 166
 Глазнев В.Н. 37
 Гнилуша В.А. 161
 Гоберник И.А. 116
 Головин А.А. 38
 Голубев А.И. 41
- Голубев Ю.К. 40, 42, 43
 Голубева Ю.Ю. 44
 Гольдберг И.С. 115
 Гонгальский Б.И. 45
 Горбачев Б.Ф. 30, 46
 Горяинов П.М. 47, 79
 Гребенщиков В.О. 48
 Григоров С.А. 49
 Григорьева А.В. 50
 Громцев К.В. 139
 Грязнов О.Н. 51
 Гудин А.Н. 51
 Гусев А.И. 52
 Гусев Е.А. 165
 Гущина Л.В. 53
- Давыденко Д.Б.** 134
 Данилин М.В. 54
 Двуреченская С.С. 101
 Дмитриев Е.П. 55
 Дундо О.П. 165
- Евдокимов И.М.** 56
 Евдокимов С.И. 56
 Евстратов А.А. 93
 Егорова И.П. 16
 Елшина С.Л. 71
- Жаворонкин В.И.** 37
 Жарков В.В. 57, 145
 Жирова А.М. 58
 Житков В.Г. 138
 Жмодик С.М. 146
 Журбицкий Б.И. 58, 113
- Забелин В.Г.** 81
 Задорожный Д.Н. 7, 59
 Зайнуллин И.И. 151
 Зайцев А.И. 60, 150
 Закирова Ф.А. 19, 61, 62
 Заулочный П.А. 152
 Звездов В.С. 63
 Зеленщиков Г.В. 134
 Зеликсон Б.С. 64
 Зималина В.Я. 148
 Зиновьев А.А. 65, 71
 Зинчук Н.Н. 66, 67
 Злобина Т.М. 68, 95
 Зобов Н.Е. 69
 Зубова Т.П. 70
 Зулькарнаев А.С. 70
- Ибрагимова Н.В.** 84
 Иваненкова Е.В. 71
 Иванов А.И. 72, 149
 Иванов Н.М. 70
 Иванова И.К. 73
 Иванюк Г.Ю. 47, 79
 Иващенко В.И. 41
 Игнатов П.А. 74
 Ильченко В.Л. 75
 Ильяш В.В. 76
 Ильяш Д.В. 76
 Илюхин В.С. 77
 Исакович И.З. 172
- Казанов О.В.** 78
 Калашников А.О. 47, 79
 Калинин А.А. 78
 Калинин Д.Ф. 81, 129
 Калинин Ю.А. 80, 146
 Калько И.А. 127
 Карась С.А. 97
 Карпова М.И. 19
 Карпузов А.Ф. 98
 Кассандров Э.Г. 82
 Каун А.В. 83
 Кваснюк Л.Н. 46
 Килипко В.А. 38
 Ким Д.Х. 84
 Ковалев К.Р. 80
 Ковальчук О.Е. 24
 Когарко Л.Н. 85
 Кокорин Н.П. 90
 Колесникова Н.Б. 85
 Колесникова Т.И. 43
 Колоскова С.М. 86
 Комарова О.И. 163
 Кондратьев А.В. 70
 Кондрин А.К. 167
 Конесев Р.И. 87
 Конкин В.Д. 72, 149
 Конкина А.А. 71
 Коноплев А.Д. 88, 119
 Константиновский А.А. 89
 Контарь Е.С. 90, 98
 Коньшев В.О. 91
 Кораблинов П.В. 37
 Кордюков С.В. 92
 Корнев Т.Я. 69
 Коробков И.Г. 93, 94
 Костюченко С.А. 35
 Котов А.А. 95
 Котов Д.А. 42
 Кочнев-Первухов В.И. 98
 Кошель Е.А. 152
 Кравченко А.А. 96
 Кравченко Ю.А. 60
 Красникова Е.В. 30
 Краснов А.Н. 70
 Кременецкий А.А. 97
 Кривопуск М.П. 120
 Кривцов А.И. 98
 Крюков В.Г. 98, 99
 Кряжев В.С. 100
 Кряжев С.Г. 101
 Кубанцев И.А. 102
 Куденко А.А. 103
 Кудрявцева Н.Г. 103, 105
 Кузнецов В.В. 103, 104, 105, 150
 Кузнецова С.В. 106
 Кузнецова Т.П. 107
 Кузьменко Е.А. 153
 Куликов Е.В. 84
 Курганьков П.П. 69
 Куторгин В.И. 108, 109
 Кучеревский П.Г. 110
- Лаломов А.В.** 50
 Латыпов Р.Х. 111
 Леонов С.С. 26
 Лещинский Э.Г. 12

Лихачев А.П. 112
Логвинов М.И. 113
Лопатин В.В. 111
Лоренц Д.А. 114
Лось В.Л. 115, 116

Макаров А.И. 147
Макарова Ю.В. 159
Мальков В.А. 7
Мандругин А.В. 155
Мансуров Р.Х. 6, 117
Мацкевич И.П. 120
Мачина С.В. 118
Машковцев Г.А. 119
Медведева Г.А. 166
Межубовский В.В. 120
Мельников В.А. 161
Мигута А.К. 119
Микерова В.Н. 26, 58
Милецкий Б.Е. 120
Миляев С.А. 172
Минина О.В. 35, 63
Минькин К.М. 110
Митоян Р.А. 127
Митрофанов Н.П. 121, 122, 147
Мошиченко Н.А. 58
Мошкова М.В. 92
Мурзадилов Т.Д. 116
Мустафин С.К. 123

Наумов Е.А. 80
Невструев В.Г. 99, 124
Некипелая С.А. 125
Некипелый В.Л. 125
Никешин Ю.В. 35, 126
Николаев Ю.Н. 127
Никулин И.И. 128
Новиков В.П. 29
Новиков К.В. 74

Овсов М.К. 81, 129
Ожерельева А.В. 14
Ожогина Е.Г. 131
Орехов А.Н. 131

Палымский Б.Ф. 132, 133
Парада С.Г. 134

Пахомов М.И. 147
Пермяков Е.Н. 30
Петрик О.И. 19
Печенкин И.Г. 135
Пилицын А.Г. 97
Писаренко Ю.А. 19
Погребной В.Т. 136
Позднякова Н.Н. 70, 174
Понамарева М.М. 137
Поцелуев А.А. 138
Притыка И.В. 37
Прусакова Н.А. 139

Радомская В.И. 140
Радомский С.М. 140
Рафаилович М.С. 141
Реут И.Л. 110
Рогожин А.А. 12, 92, 131
Ройзенман Ф.М. 142, 143
Романов В.А. 144, 161
Романов В.Л. 19
Романова Т.А. 62
Романчук А.И. 145, 155
Росляков Н.А. 146
Руднев В.В. 61, 147
Руселик Е.С. 151
Рустамов А.А. 148
Ручкин Г.В. 98, 149, 150
Рыкунов А.А. 73

Сабитов А.А. 151
Савари Е.Е. 152
Савчук В.С. 153
Самородская М.А. 120
Сафонов Ю.Г. 68, 154
Седельникова Г.В. 155
Сенаторов П.П. 61
Серкебаева Е.С. 53
Серокуров Ю.Н. 156
Сидорина Ю.Н. 127
Сидоров А.А. 157
Сирина Т.Н. 158
Смелов А.П. 96
Соколов С.В. 159, 160
Спиридонов А.М. 161
Суплецов В.М. 161

Сухорослов В.Л. 165
Сычева М.Н. 167

Тарасов А.Б. 162
Тарасов А.С. 109
Терентьев Р.А. 37
Тетерин А.Н. 151
Тимкин В.И. 7

Углов Б.Д. 163
Усманова А.В. 62

Фаррахов Е.Г. 36
Филимонова Л.Г. 164
Филиппов В.П. 70
Флеров И.Б. 165
Фролов В.Н. 113
Фролова Н.А. 62

Хасанов В.Н. 11
Хачатрян Г.К. 101
Хрусталева Г.К. 166

Царев В.В. 167
Цыганов В.А. 168, 169, 170, 171

Чекваидзе В.Б. 172
Чекунчикова В. 38
Черемисина Е.А. 70
Черненко М.Ю. 173
Чехов А.Д. 157
Чечулина Ю.В. 46

Шатилова Л.В. 70
Шахурдина Н.К. 94
Шиц Е.Ю. 73
Шмельков Н.Т. 46
Шмонов А.М. 74
Шубин А.Г. 70

Щербакова Т.Е. 43
Щеточкин В.Н. 119, 135

Юрченко Ю.Ю. 159, 160

Яблокова С.В. 70, 174

